

Généralités sur les ruminants

À partir des contributions de H. Guérin (CIRAD),
P. Lecomte (CIRAD), P. Lhoste (CIRAD) et C. Meyer (CIRAD)

LES PERFORMANCES GÉNÉTIQUES

● Quelques définitions

Animal domestique : étymologiquement il fait partie d'une « maison » (*domus*) et vit sous la domination d'un maître qu'il sert. Il se reproduit en captivité. La domestication s'accompagne d'une transformation progressive des espèces sauvages dans un sens utile à l'homme. Un animal domestique serait celui qui, « *élevé de génération en génération sous la surveillance de l'homme, a évolué de façon à constituer une espèce, ou pour le moins une race, différente de la forme sauvage primitive dont il est issu* »¹. La domestication est le plus souvent très ancienne. Les dates et les lieux de domestication sont incertains, mais on peut retenir les estimations présentées dans le tableau 1 :

Tableau 1. Date et lieu connu de première domestication des animaux d'élevage
(d'après Gautier, 1990 ; *Encyclopaedia universalis*, 1995).

Espèce	Date	Lieu (continent)
Chien	< 14 000 av. J.-C.	(Eurasie)
Mouton	9 000 av. J.-C.	Irak (Asie)
Chèvre	7 000 av. J.-C.	Perse (Asie)
Porc	7 000 ou 5 000 av. J.-C.	Anatolie (Asie) ou Chine (Asie)
Vache	6 500 ou 6 300 av. J.-C.	Thessalie et Anatolie (Europe)
Zébu	6 000 av. J.-C. ou 4 000 av. J.-C.	Baloutchistan (Asie) ou Vallée de l'Indus (Asie)
Lama	5 500 ou 5 000 av. J.-C.	Andes (Amérique)
Alpaga	4 000 av. J.-C.	Andes (Amérique)
Ane	3 500 av. J.-C.	Egypte (Afrique)
Cheval	3 500 ou 3 000 av. J.-C.	Ukraine (Asie)
Dromadaire	3 000 av. J.-C.	Arabie (Asie)
Chameau	3 000 ou 2 600 av. J.-C.	Iran, Turkménistan (Asie)
Buffle	2 500 av. J.-C.	Indus (Asie)
Yack	2 500 av. J.-C.	Tibet (Asie)

¹ R. THÉVENIN, 1960 in *Encyclopaedia Universalis*, 1995.

Espèce : elle est caractérisée par la possibilité pour les individus qui en font partie de se reproduire entre eux et par l'impossibilité ou la grande difficulté à se reproduire entre espèces différentes. Mayr Ernst a défini l'espèce comme des « *groupes de populations naturelles effectivement ou potentiellement interféconds qui sont reproductivement isolés des autres groupes de même nature* ». L'isolement reproducteur peut être dû au comportement de la parade sexuelle aussi bien qu'à un isolement géographique.

Race : elle peut être définie comme une collection d'individus de même espèce qui ont entre eux une histoire d'élevage commune et des caractères communs et qui les transmettent à leurs descendants. Les caractères communs peuvent être extérieurs ou non visibles de l'extérieur. La détermination de la race d'un animal n'est pas toujours aisée. Elle se trouve facilitée lorsqu'on peut examiner plusieurs animaux de la même race, lorsqu'on connaît le lieu où ces animaux vivent et qu'on peut la différencier d'autres races se trouvant dans la même région. La race n'est pas fixe : elle est le résultat d'une histoire durant laquelle sont intervenus de nombreux facteurs : migrations d'animaux, mutations de gènes, modifications du contexte économique et politique.

Autrefois, les races étaient peu spécialisées en France. Les populations animales se différenciaient en types régionaux plus ou moins homogènes, adaptés à un milieu climatique et géographique et à un mode d'élevage. Puis une sélection a été effectuée selon le modèle anglais, ce qui suppose :

- > un réseau d'éleveurs organisés ;
- > l'identification de leurs animaux à un patron standardisé ;
- > une image de marque d'aptitudes spécifiques ;
- > un profit à la clé pour les éleveurs sélectionnant leurs animaux.

La base humaine et sociale de la race est donc clairement établie.

La limite entre une race et une variété (sous-race) n'est pas nettement tranchée. C'est souvent l'usage qui le détermine, et il peut être remis en cause. Ainsi, malgré des différences locales, la race bovine N'Dama et la race ovine Djallonké portent partout le même nom. En revanche, on distingue la Baoulé, la Somba, la Muturu, races ou variétés fortement apparentées.

On ne peut pas toujours parler de races en Afrique par exemple, mais plutôt de *populations*. Il s'agit souvent de types génétiques dus à la volonté de l'homme, séparés par leur origine (moutons à longues ou courtes pattes) ou leur voie d'arrivée.

La race pure ou population animale sélectionnée (PAS) est un ensemble d'individus soumis à un même programme de sélection ou de conservation reconnu. On peut conseiller d'utiliser le nom de *population* pour un sous-ensemble d'une race dans une région donnée (par exemple la N'Dama dans un pays particulier où elle peut présenter des particularités) ou pour une race imparfaitement fixée.

Les souches (ovins, lapins) et *les lignées* (volailles, bovins, équins, porcins) sont des produits de sélection issus d'un petit groupe d'individus d'une race donnée. Ils permettent d'obtenir des caractères reproductibles avec peu de variabilité.

On élève aussi des produits de croisements entre races ou lignées (*croisement*, ou *métissage*) ou même entre espèces différentes (*hybridation*) : le mulot résulte du croisement de l'âne et de la jument, le mulard résulte du croisement entre le canard de Barbarie et le canard domestique. On parle aussi de *racés* ou de *lignées composites* ou *synthétiques*.

On indique en premier la race (ou l'espèce) du père. La méthode permet d'accumuler chez les produits croisés les avantages (complémentarité) de chaque race parentale (il peut y en avoir plus de deux). En première génération (F1), on bénéficie en plein de l'effet d'hétérosis (vigueur hybride) : la performance des animaux croisés est supérieure à la moyenne des performances des races parentales. En deuxième génération ($F2 = F1 \times F1$), on ne bénéficie en théorie que de la moitié de l'hétérosis obtenu en F1 et l'hétérogénéité est plus grande.

● **Caractériser une race**

Pour bien décrire une race, il faut indiquer de nombreuses caractéristiques :

- > le nom usuel et les synonymes selon les lieux ou les ethnies ;
- > la répartition géographique actuelle et l'origine (berceau de race) ;
- > l'effectif par pays ou région ;
- > l'existence de livre(s) généalogique(s) : *herd-book* pour les bovins, *flock-book* pour les ovins et caprins ;
- > l'origine de la race (comment elle a été créée ou comment elle est apparue) ;
- > la description, y compris les mensurations (hauteur au garrot, périmètre thoracique, longueur scapulo-ischiale, etc.), les poids à âge-type (naissance, 6 mois, 1 an, adulte), la robe (phanéoptique) et ses variations, le standard de la race (s'il y a un livre généalogique qui précise les préférences officielles) ;
- > le mode d'utilisation : les systèmes d'élevage habituels (plus ou moins intensif, nomade, transhumant ou sédentaire,...), et les aptitudes (viande, lait, travail, mixte) ;
- > les performances dans certains milieux. Dans un même milieu, les performances de diverses races sont le plus souvent différentes. Ainsi, la description des races comporte des éléments héréditaires (génétiques) et d'autres liés au milieu.

La répartition géographique gagne à être accompagnée de cartes et la description peut être illustrée par des photographies.

● **Les races locales et les races exotiques**

Dans les régions tropicales, les races locales sont souvent bien adaptées à leur milieu, mais peu productives. Leurs caractéristiques résultent d'une longue sélection en milieu défavorable, avec un climat sévère marqué par des périodes de carence alimentaire et de forts risques sanitaires, en particulier parasitaires. Ainsi certains taurins, ovins et caprins ayant vécu très longtemps au contact de la mouche tsé-tsé en Afrique ont développé une tolérance à la trypanosomose. Ils sont devenus trypanotolérants. Ils peuvent vivre, se reproduire et produire là où les animaux sensibles non traités meurent le plus souvent. D'autres animaux ont développé une tolérance aux tiques et aux maladies qu'elles transmettent.

Dans certains cas particuliers, des races exotiques pures peuvent être élevées : en zone d'altitude, en zone indemne de maladies graves ou avec une prophylaxie intense. C'est le cas par exemple de la Montbéliarde au Sénégal, de la Pie rouge des plaines au Mali ou la Pie rouge norvégienne à Madagascar. Elles ont besoin de davantage de soins que les races locales.

Souvent une bonne solution consiste à débiter par le croisement entre race locale et race exotique. La race locale apporte la rusticité et la race exotique une meilleure production. De plus, on bénéficie au début de l'effet d'hétérosis. L'amélioration est plus rapide que par la simple sélection de la race locale qu'il convient de conserver. Cette solution est souvent adoptée dans les projets d'amélioration de l'élevage laitier.

Au-delà de la première génération d'animaux croisés (F1) se pose la question de la poursuite de la sélection : on peut chercher à obtenir un niveau situé entre 50 et 75 % de sang exotique, ou bien opter pour un croisement alternatif ou encore pour un croisement d'absorption. Le choix dépend du niveau d'intensification possible.

L'ALIMENTATION DES RUMINANTS

Les ruminants tirent parti de matières organiques végétales pour élaborer des produits à haute valeur ajoutée. Grâce à la fermentation des végétaux dans leur rumen, ils élaborent des protéines microbiennes et des produits qui sont ensuite métabolisés. Cette aptitude leur confère une place tout à fait particulière dans les écosystèmes.

● *Les ressources utilisables*

Les systèmes d'élevage s'articulent autour de la disponibilité quantitative et qualitative en aliments. En conditions tropicales, cette disponibilité varie le plus souvent à la fois dans l'espace et dans le temps.

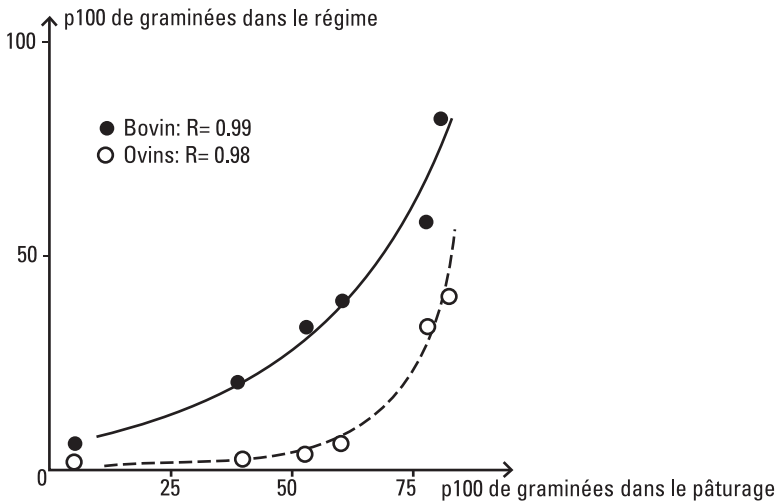
● *Les fourrages*

Les fourrages, constitués par l'appareil aérien (tiges, feuilles, fruits) des plantes naturelles ou cultivées appréciées par les animaux, sont plus ou moins riches en parois végétales. Celles-ci sont fermentées dans le rumen. Les fourrages, en général accessibles à faible coût, constituent la base de la ration alimentaire des ruminants.

● *Les pâturages en zones sèches*

Dans les systèmes pastoraux transhumants en zones sèches, ce sont les espèces herbacées annuelles qui contribuent à la constitution d'un pâturage de composition botanique très diverse selon le rythme des pluies, la nature du sol, la situation topographique et la pression de pâturage. Ces facteurs déterminent la germination et l'installation des espèces dont les semences sont présentes dans le sol : la part des graminées peut ainsi varier d'une année sur l'autre, pour un même site, de 20 à 80 %, la part des dicotylédones (dont les légumineuses) variant dans des proportions inverses.

Le régime des animaux sur ces parcours dominés par des espèces annuelles change donc beaucoup selon les ressources disponibles (figure 1). Les troupeaux exploitent généralement plusieurs types de végétation au cours d'une même journée, ce qui valorise la complémentarité nutritionnelle des fourrages ingérés. L'aptitude à valoriser la diversité des ressources est plus grande chez les petits ruminants que chez les bovins.



► **Figure 1 : Contribution spécifique des graminées dans le régime des bovins et des ovins en fonction de leur importance dans le pâturage sur des parcours sahéliens (Guerin *et al.*, 1991)**

La production dépend de la pluviosité locale et varie, selon les potentialités du sol, de 1 à 4 kg de matière sèche par millimètre d'eau. En zone sahélienne, en année normale (hors sécheresse caractérisée), elle est ainsi comprise entre 500 et 1 500 kg de MS/ha, suivant la latitude et la pluviosité. Le cycle de végétation est de deux à trois mois. Le feu est proscrit dans ce type de végétation, exploitée de manière saisonnière. Les éleveurs déplacent le bétail à mesure de l'évolution du front de végétation et des disponibilités.

● **Les végétations des savanes**

Dans les systèmes prairiaux extensifs, l'éleveur valorise la végétation des savanes. Boudet (1984) applique le terme *savane* à un type de végétation caractérisé par un couvert herbacé d'au moins 80 cm de hauteur, où les espèces se répartissent en deux strates. Les graminées y sont en majorité vivaces. Pour la plupart, elles forment des touffes isolées dont les tiges constituent une couche plus ou moins continue qui brûle ordinairement chaque année. Les plantes ligneuses y sont naturellement présentes ; leur taille et leur taux de recouvrement conduisent à distinguer différents types de savanes : boisée, arborée, arbustive, herbeuse.

En zone périforestière (Afrique centrale, Brésil) la strate herbacée entre en compétition avec la forêt. Elle résulte du défrichement pour les cultures et se maintient seulement par le feu. Il importe donc d'en assurer une gestion raisonnée afin de maintenir un potentiel de qualité et contrôler les adventices et les recrues ligneux.

En zone soudanienne, trois à quatre tonnes de matière sèche (MS) par hectare et par an sont produites ; le chiffre s'élève à six à sept tonnes de MS/ha/an en zone guinéenne au moment où la biomasse est maximale. À ce stade, la végétation comporte toutefois une forte proportion de matériel mort et non consommable qui sèche sur pied ; il est très lignifié et peu appété par les animaux. Le feu organisé par les éleveurs permet toutefois des repousses de bonne valeur nutritive et limite l'embroussaillage.

La date et la fréquence des feux constituent un élément essentiel de la gestion de ces savanes. Différents schémas de rotation de feux peuvent être mis au point ; ils varient selon les types d'élevage, le climat et la nature des formations végétales.

La connaissance des repousses permet d'évaluer la production de façon plus réaliste et de mesurer la productivité journalière nette du couvert herbacé ; on peut ensuite mettre ce paramètre en relation avec la valeur alimentaire selon l'âge de repousse et avec les besoins quotidiens d'un animal de référence.

Production de biomasse de repousse et paramètres climatiques : exemple de la zone guinéenne de Côte d'Ivoire

En étudiant les repousses de 30 jours, César (1992) a établi pour la zone guinéenne de la Côte d'Ivoire un modèle quadratique liant la production de repousses en g MS/m² à la pluviosité en mm observée au cours des 30 jours de repousse :

$y = 15,19 + 0,488x - 0,0013x^2$ ($r = 0,68$) avec y = production de biomasse de repousse (30 jours) en g/m² et x = pluviosité au cours des 30 derniers jours en mm.

Cette relation, adaptée à des conditions de climat et de végétation très locales, n'est bien évidemment pas générale et doit être adaptée à chaque contexte.

Sans gestion de la charge, le disponible fourrager est en excès en saison des pluies. Le bétail se concentre alors sur certaines zones pour disposer en permanence de jeunes repousses. En conditions de surpâturage, les bonnes espèces fourragères s'épuisent, tandis que les espèces indésirables envahissent le pâturage. Une gestion rationnelle doit permettre de pérenniser ou de réinstaller les bonnes espèces et d'améliorer la valeur alimentaire des repousses.

La gestion raisonnée consiste à ajuster la charge instantanée de la surface dévolue aux animaux à sa productivité, en évitant que le bétail ne se laisse dépasser par la pousse et ne crée un sous-ensemble de parcelles surpâturées. La biomasse produite est alors plus faible qu'en laissant la plante accomplir son cycle, mais elle est presque totalement consommable.

C'est le rapport des quantités de repousses produites entre les saisons sèches et humides qui détermine les surfaces à utiliser ou à mettre en défens, pour un troupeau donné, à chaque saison. L'évolution de la qualité des repousses et le vieillissement de l'herbe déterminent quant à eux la périodicité des feux.

● **Les fourrages ligneux**

Dans les systèmes sylvo-pastoraux, les ligneux peuvent constituer une part non négligeable de l'apport fourrager sur parcours. Leur utilisation spontanée, très variable suivant les disponibilités en d'autres fourrages, peut atteindre 30 % de la ration des bovins, 50 % de celle des ovins, 80 % de celle des caprins et camélins. La présence d'arbres et d'arbustes, fourragers ou non, dépend des types de végétation : au Sahel par exemple, le couvert ligneux est compris entre 2 % de la surface des parcours sur steppes herbeuses (moins de 50 tiges à l'hectare) et 15 à 20 % sur steppe boisée (400 à 600 tiges à l'hectare).

Dans les zones à pluviométrie suffisante (aux environs de 1 000 mm), plusieurs arbustes sont cultivés pour leur feuillage : on peut citer *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* et *Calliandra calothyrsus*.

Le rôle fourrager des ligneux dépend de leur valeur alimentaire et de plusieurs autres facteurs : appétabilité, stade phénologique, accessibilité, pratiques éventuelles de récolte et de commercialisation.

En élevage agropastoral, les ligneux servent principalement de complément pour les petits ruminants, les animaux de trait et les bonnes vaches laitières ; la ration de base est assurée par des fourrages de bonne qualité ou des sous-produits agro-industriels. Ce complément peut procurer un apport intéressant en azote. Néanmoins, si la teneur en matières azotées des ligneux est souvent élevée, leur digestibilité est très variable (des facteurs antinutritionnels peuvent être présents. La productivité fourragère des ligneux est évaluée sur la base des densités de peuplement, de la taille des arbres et arbustes, du cycle phénologique et du cycle de croissance foliaire.

Pour la production de feuilles, on peut distinguer :

- > *la biomasse maximale* mesurée en fin de saison des pluies ou évaluée par des relations d'allométrie ;
- > *la biomasse saisonnière* calculée en fonction de la biomasse maximale et du cycle de feuillaison ;
- > *la biomasse utile*, fraction accessible aux animaux en fonction de sa répartition spatiale : accessible en hauteur (*disponible*), accessible en profondeur de houppier (fonction de la densité des branchages et des épines).

● **Les cultures fourragères²**

Les fourrages cultivés peuvent constituer la base alimentaire en systèmes herbagers ou participer à la complémentation au cours des périodes déficitaires dans les systèmes agropastoraux.

De nombreux facteurs favorisent l'adoption des cultures fourragères ; on peut citer notamment les réformes foncières, la production de plantes fourragères à double usage (sorgho, mil, etc.), les techniques d'amélioration des jachères, la mise au point de nouveaux systèmes de culture avec par exemple le semis direct sous couverture végétale, l'intensification de certaines filières d'élevage (production laitière, petits ruminants).

Les cultures fourragères se développent rapidement en Amérique du Sud et dans les départements et territoires français d'outremer ; elles progressent en revanche plus lentement dans les systèmes de production africains. Les raisons sont nombreuses : absence de tradition de culture pour l'alimentation du bétail, manque de terre, inadéquation des règles d'utilisation des parcours, coût des semences et des clôtures et valorisation économique moindre des intrants (eau et engrais) par rapport aux cultures vivrières ou de rente.

La culture fourragère représente un investissement (terre, main-d'œuvre, intrants) dont la valeur et la rentabilité doivent être appréciées avant de lancer un programme de vulgarisation des techniques de culture, de récolte et de conservation des fourrages.

² Cf. section 52, chapitres 521 et 522.

L'amélioration des niveaux d'intensification peut être obtenue, de façon modulable, selon trois axes :

- > *amélioration des parcours naturels* par sursemis simple de graminées et de légumineuses ;
- > *culture fourragère extensive* avec un léger travail du sol, un semis ou un bouturage et l'absence de fertilisation ;
- > *intensification par la mécanisation et la fertilisation*, avec un semis direct en parcelles ou en bandes ou sous céréales avec une gestion des refus à l'exploitation. Ces pratiques culturales sont utilisées dans les ranches de zone humide (surface fourragère comprise entre 10 et 100 hectares) ou dans les exploitations de polyculture-élevage (surface fourragère comprise entre 0,1 et 1 ha). Les productions annuelles atteignent généralement dix à quinze tonnes de MS/ha de fourrage pour les graminées et cinq à dix tonnes pour les légumineuses. L'irrigation (4 mm/jour) et la fertilisation optimale des graminées (jusqu'à 500 unités N/an) aboutissent à des productions de quinze à trente tonnes de MS/ha/an de fourrage pour des graminées de grande taille comme *Pennisetum purpureum* ou *Panicum maximum*.

Les critères de choix des espèces fourragères

Les critères de choix d'espèces fourragères pour des prairies permanentes de longue durée en régime pluvial sont les suivants :

- > facilité et rapidité d'installation (vitesse de germination puis de couverture du sol) avec le minimum d'entretien et de fertilisation ;
- > pérennité ou resemis naturel ;
- > productivité en semences ;
- > productivité annuelle et ratio de la production en saison sèche/production en saison des pluies ;
- > persistance interannuelle de la production ;
- > résistance au pâturage, à la fauche et au feu ;
- > valeur nutritive, appétabilité et ingestibilité ;
- > capacité à améliorer la fertilité des sols.

Les critères de choix d'espèces fourragères pour des cultures intensives irriguées et fertilisées sont les suivants :

- > rendement, y compris aux périodes de faible luminosité et de basse température ;
- > tolérance au sel ;
- > valeur alimentaire et souplesse d'exploitation ;
- > adaptation de l'espèce au pâturage (résistance au piétinement, faible taux de refus) ou au contraire adaptation à la fauche et à l'alimentation à l'auge.

● Les résidus et sous-produits de culture

Dans les systèmes agropastoraux en zone sèche et dans les systèmes périurbains, les produits de culture sans valeur directe sont utilisables en complément alimentaire. Les fanes (arachide, pois, haricots) et les pailles (maïs, sorgho, riz, millet), les bouts blancs de canne, les feuilles et les stipes de bananiers, les tubercules et les feuilles de manioc constituent un ensemble diversifié de ressources fourragères. Elles

jouent un rôle de première importance pour faciliter le passage de la saison sèche ou pour constituer des rations équilibrées en cas de systèmes en stabulation permanente ou partielle. Ces fourrages peuvent représenter 30 à 50 % de la ration quotidienne des animaux. Leur disponibilité dépend de la nature et de l'intensité de l'activité agricole dans la zone. Leur utilisation fait souvent l'objet de tractations commerciales ou d'échanges entre éleveurs et agriculteurs ; elle participe grandement aux transferts de fertilité à l'intérieur des systèmes.

Leur valeur alimentaire est très variable. Limitée dans le cas des pailles, elle peut en revanche contribuer à apporter de l'azote dans le cas des fanes de légumineuses ou de l'énergie dans le cas des tubercules.

● Les sous-produits agro-industriels (SPAI)

Les produits dérivés de la transformation industrielle des matières premières agricoles constituent un dernier groupe de ressources. On les qualifie souvent de *concentrés* car ils contiennent moins de fibres et en général des proportions d'énergie et ou d'azote digestibles nettement plus importantes que les fourrages. C'est le cas pour les sous-produits de l'huilerie (tourteaux de coton, d'arachide, de soja, etc.), de la meunerie (sons, issues, farines basses de céréales), de la sucrerie et de la brasserie (bagasses, mélasse, drèches) ainsi que de la conserverie de légumes ou de fruits (tomates, ananas, agrumes, etc.).

Ces produits sont utilisés pour compléter une ration de base constituée de fourrages. Pour un objectif de production donné, ils sont distribués de façon à équilibrer l'alimentation en regard des besoins en énergie et en azote de l'animal.

Ils ne sont toutefois pas aussi accessibles que les fourrages ; leur disponibilité dépend de l'existence d'une industrie locale, du transport, des cours du marché et de la pression de la demande.

● La conservation des aliments

Dans les systèmes d'alimentation où la disponibilité en ressources n'est pas continue, la constitution de réserves permet de disposer de fourrages en dehors de la période favorable à la végétation. La constitution de ces réserves représente un investissement non négligeable en temps et en main-d'œuvre. S'y ajoute le risque de détérioration du stock constitué : incendie, problème de conservation, etc.

Les réserves peuvent être constituées soit en fauchant et fanant l'herbe de brousse en fin de saison des pluies, soit en stockant les résidus ou sous-produits des cultures à la récolte (fanés d'arachide ou de niébé, etc.), soit encore à partir de cultures fourragères proprement dites, en coupant l'herbe verte puis en fanant ou ensilant. Le fanage dépend beaucoup des conditions climatiques. Il consiste à sécher le fourrage coupé à un stade optimum pour ensuite le mettre en bottes et le stocker à l'abri. L'ensilage consiste à collecter une masse importante de fourrage récolté à un stade adéquat (haute valeur énergétique, richesse en sucres), à le tasser dans un contenant étanche (silo, emballage), de manière à provoquer une fermentation anaérobie qui acidifie le fourrage et le conserve.

● La valeur alimentaire des aliments

Pour couvrir ses besoins quotidiens, le ruminant doit disposer d'un aliment qui lui apporte des quantités suffisantes d'énergie et de matières azotées. Les quantités d'aliments ingérables chaque jour sont limitées, notamment dans le cas des fourrages, par l'encombrement créé au niveau du rumen et par la capacité d'ingestion de l'animal. On traduit donc généralement la qualité de la ration en termes de valeur énergétique, de valeur protéique et d'ingestibilité. Et l'on met ensuite cette valeur en relation avec les besoins en énergie et en protéines de l'animal ainsi qu'avec sa capacité d'ingestion.

● La digestion

De par son anatomie digestive, le ruminant transforme d'abord les aliments qu'il ingère. Il absorbe ensuite des nutriments qui ne résultent pas de la simple dégradation des aliments consommés. Les systèmes d'évaluation de la valeur alimentaire tiennent compte du rôle très particulier et essentiel des fermentations microbiennes dans le système de digestion en deux étapes des ruminants.

Le rumen contient une importante population microbienne (bactéries, protozoaires) qui, en association avec l'activité de mastication, dégrade et fermente une fraction de l'aliment, produit des métabolites et se multiplie en consommant une partie de ceux-ci.

La dégradation de la cellulose, de l'amidon et des sucres génère de l'énergie dispersée sous forme de chaleur, réutilisée par les microbes sous forme d'ATP, et, principalement d'acides gras volatils (AGV) absorbés à travers la paroi du rumen. Les AGV sont ensuite métabolisés au niveau des organes (foie, muscle, mamelle) comme précurseurs d'autres molécules et comme fournisseurs d'énergie. Ils contribuent surtout à apporter l'énergie nécessaire à la prolifération de la population microbienne.

Les protéines dégradées en peptides et acides aminés génèrent de l'ammoniaque, principale source d'azote dans les synthèses microbiennes. Les composés azotés dégradés dans le rumen entrent dans les voies de la synthèse microbienne au prorata des quantités d'énergie disponibles pour cette synthèse. Un déficit en énergie ou en azote limite la synthèse. Il faut donc un minimum de matières organiques et de matières azotées fermentescibles pour assurer une bonne dégradation des aliments, ce qui n'est pas toujours le cas avec des régimes à base de fourrages grossiers tropicaux. À l'opposé, un excès d'azote dégradable aboutit à un gaspillage d'azote par l'animal ; l'ammoniaque en excès est en effet alors absorbé dans le rumen et en grande partie évacué par le système urinaire. Cette interdépendance entre l'énergie et l'azote est à la base de la construction des tables de valeur alimentaire actuellement utilisées. Au-delà de la valeur alimentaire des apports, ce système permet également d'estimer les rejets d'azote par l'animal.

Les matières alimentaires non dégradées ne peuvent pas être absorbées au niveau du rumen. Le contenu de ce dernier est continuellement transféré vers la caillette puis l'intestin où prend place une digestion de type monogastrique, à caractère enzymatique. Les fractions énergétiques et protéiques des *digesta* parvenant dans l'intestin grêle sont constituées d'un mélange de matières alimentaires non dégradées et de matières microbiennes ; ces dernières possèdent un profil en acides aminés essentiels différent de celui des végétaux de l'aliment. Les acides aminés d'origine alimentaire et d'origine microbienne permettent globalement de couvrir les besoins métaboliques des

ruminants. Ces derniers sont capables de tirer parti d'un aliment au profil en acides aminés peu équilibré en le transformant en protéines de haute valeur biologique.

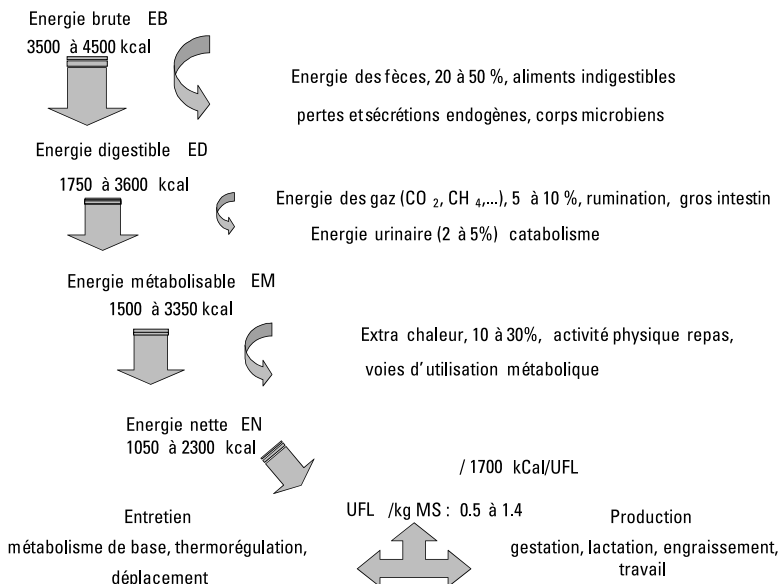
● L'expression de la valeur énergétique

Les systèmes d'expression de la valeur énergétique prennent en compte la transformation de l'énergie brute de l'aliment en énergie métabolisable et les différences de rendement d'utilisation qui aboutissent à l'énergie nette. Cette énergie nette sert à couvrir des besoins d'entretien, de croissance ou de production de lait. La valeur de l'aliment et les besoins de l'animal sont exprimés dans la même unité.

Dans le système français établi par l'INRA, l'unité fourragère lait (UFL) équivaut à l'énergie nette d'un kilogramme d'orge standard, soit 1 700 kCal ou 7,12 Mjoules d'énergie nette pour l'entretien et la lactation. L'unité fourragère viande (UFV) correspond à 1 850 kCal d'énergie pour la production de viande. Elle est rarement utilisée en pays tropicaux, car elle est réservée à des animaux dont le niveau de besoin énergétique est supérieur à 1,5 fois le besoin d'entretien, ce qui correspond par exemple à un gain journalier de 750 g pour des zébus africains.

L'établissement de la valeur énergétique s'effectue selon des standards de calcul dans lesquels on tient compte des paramètres de composition chimique et de digestibilité estimée de l'aliment. Le diagramme de la figure 2 présente le schéma général de l'estimation de la valeur UFL d'un aliment.

Les étapes du calcul comprennent l'établissement de l'énergie brute (EB) de l'aliment, la transformation en énergie digestible (ED), puis métabolisable (EM), et enfin nette (ENL) exprimée en UFL pour l'entretien et la production de lait ou de viande. Dans la pratique, on recourt de plus en plus à la technique de la spectrométrie dans le proche infrarouge pour estimer de manière rapide et peu coûteuse la valeur de l'aliment.



► **Figure 2 : Décomposition et utilisation de l'énergie de l'aliment. Estimation de sa valeur UFL**

● L'expression de la valeur protéique

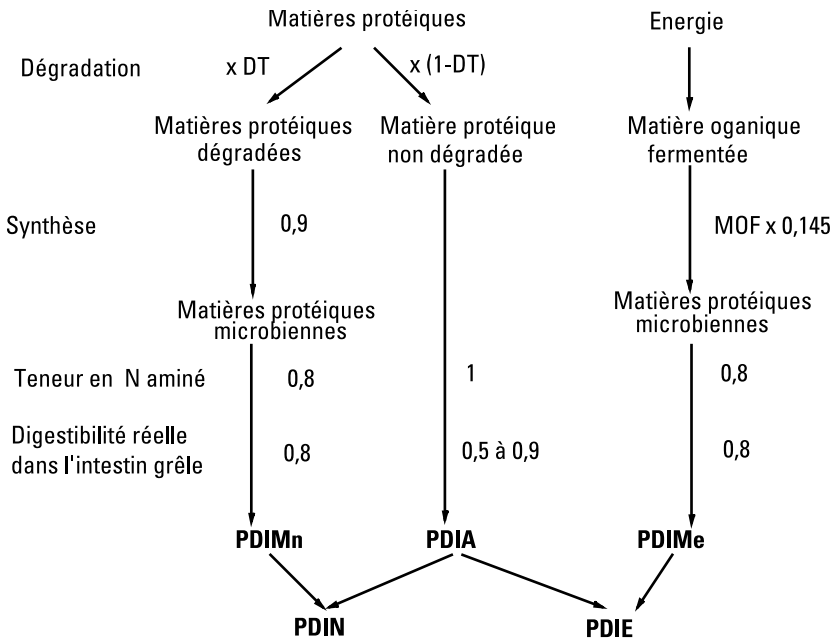
La plupart des systèmes alimentaires utilisaient jusqu'au début des années 80 l'expression en matières azotées digestibles (MAD) et se basaient sur des mesures de digestibilité apparente des matières azotées totales (MAT) des aliments. La relation entre MAD et MAT s'établissait selon la formule suivante :

$$MAD = 9,29 \times MAT - 35,2 \text{ (MAD exprimé en g/kg MS et MAT en \% de la MS)}$$

Ce système ne tient toutefois pas compte du rôle très particulier et essentiel des fermentations microbiennes dans le système de digestion en deux étapes des ruminants.

Le calcul de la valeur azotée est désormais de plus en plus souvent effectué selon les normes du système français des protéines vraies digestibles dans l'intestin (PDI).

La procédure de calcul est illustrée à la figure 3. Elle consiste à établir la quantité de protéines dégradables dans le rumen ainsi que la quantité de matière organique fermentescible (MOF). On calcule ensuite, selon des coefficients propres à l'aliment, les quantités de protéines microbiennes qui peuvent être élaborées et digérées, soit selon l'énergie fermentescible ($PDIM_E$), soit selon la quantité d'azote dégradé ($PDIM_N$). Ces quantités ajoutées à la quantité de protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (PDIA) aboutissent à deux valeurs, PDIN (= $PDIM_N$ + PDIA) et PDIE (= $PDIM_E$ + PDIA). On choisit la valeur la plus basse, qui dépend du facteur limitant dans la synthèse ruminale (soit l'énergie, soit l'azote). Dans le cas des fourrages tropicaux, il s'agit généralement de la valeur PDIN, l'azote étant le plus souvent le facteur limitant.



► Figure 3. Schéma de l'établissement des valeurs PDI

● L'ingestion

Chez les monogastriques, l'ingestion est principalement contrôlée par le niveau des métabolites circulant dans le sang. Chez les ruminants, elle est d'abord liée à la capacité du rumen et au temps qu'il faut pour réduire l'aliment en particules de taille suffisamment petite pour qu'elles transitent vers les compartiments suivants.

L'ingestion peut être envisagée selon deux aspects :

- > *la capacité d'ingestion de l'animal, variable selon l'espèce, la taille corporelle et l'état physiologique de l'animal.* La matière sèche volontairement ingérée par l'animal augmente avec son poids vif de façon presque linéaire. L'augmentation de la *capacité d'ingestion* est liée à celle des besoins énergétiques dont une grande part est consacrée à l'entretien ; elle est permise par l'accroissement de la capacité du rumen. Rapportée au poids vif, la matière sèche volontairement ingérée diminue ; elle reste à peu près constante si on la rapporte à une puissance du poids vif. Dans la plupart des systèmes, on admet une puissance de 0,75 dans l'expression de ce que l'on qualifie alors de *poids métabolique de l'animal* ($P^{0,75}$). Ceci permet, à l'intérieur d'une catégorie ou d'une espèce animale, l'expression uniforme de l'ingestibilité ou de la capacité d'ingestion en termes de gramme de matière sèche par kilo de poids métabolique ;
- > *l'ingestibilité de l'aliment, c'est-à-dire son aptitude à être ingéré en plus ou moins grande quantité par l'animal.* Pour les fourrages naturels, ce paramètre varie selon l'*appétibilité* (attrait exercé sur l'animal, caractéristiques organoleptiques) et, pour une large part, selon la digestibilité et la teneur en azote. On admet généralement que 70 % des variations d'*ingestibilité* peuvent être attribués à des variations de composition chimique et de digestibilité. Des fourrages âgés, à teneur élevée en fibres et lignine, et à teneur faible en protéines, séjournent plus longtemps dans le rumen. La limitation des quantités d'azote dégradable et d'énergie fermentescible ralentit d'autant le développement de la population bactérienne cellulolytique. Le transit et la reprise de l'ingestion se font moins rapidement que pour des fourrages plus jeunes.

La notion d'ingestibilité est importante à retenir, car elle change beaucoup selon les fourrages, en particulier en zone tropicale : elle varie de 45 à 80 g de MS par kg de poids métabolique pour les fourrages soudano-sahéliens.

Exemple de variation de l'ingestibilité selon les fourrages

Une vache de 300 kg de poids vif consomme 7 kg de matière sèche (MS) d'un tapis herbacé à base de graminées au stade végétatif ou 7,8 kg de MS de fanes de niébé, mais seulement 4,3 kg de MS de paille de sorgho lorsque ces fourrages sont offerts seuls.

● La valeur nutritive des fourrages et des autres aliments

Dans l'intensification des systèmes en place, il importe d'appréhender autant que possible la qualité réelle des fourrages pour pouvoir ensuite apprécier l'intérêt qualitatif et économique d'un recours à d'autres ressources.

Pour les fourrages tropicaux, tout comme pour les fourrages tempérés, la digestibilité est le facteur de variation le plus important de la valeur énergétique. Elle varie selon

les espèces et diminue au cours de la croissance de la plante. Les valeurs de digestibilité de la matière sèche d'échantillons d'espèces tropicales, présentent une plage de variation allant de 30 à 75 %. Les espèces tempérées évoluent entre 45 et 85 %, avec une valeur moyenne supérieure de 12,5 % à celle des espèces tropicales.

L'activité et le rendement photosynthétique des cultures fourragères sont liés à la température ambiante et aux disponibilités en eau. En conditions de température et de nutrition hydrique optimales, la vitesse de croissance augmente et la graminée élabore davantage de produits de structure (hémicellulose, cellulose). Elle se lignifie alors plus rapidement et perd de sa digestibilité. Avec l'âge également, la graminée devient moins digestible et la valeur énergétique diminue.

Exemple de *Pennisetum pedicellatum* en zone soudano- sahélienne

Guérin (1987) illustre bien l'incidence de ces paramètres sur la composition chimique et la digestibilité d'une graminée naturelle telle que *Pennisetum pedicellatum* en zone soudano-sahélienne. En fin de cycle, au début de la saison sèche, la valeur alimentaire décroît très rapidement. Ceci est particulièrement important à prendre en compte pour planifier la fauche pour le stockage de fourrages (cf. tableau 2).

Tableau 2. Evolution de la valeur alimentaire de *Pennisetum pedicellatum* en début de saison sèche dans la zone soudano-sahélienne

Dates	Matière sèche (%)	Matières azotées totales	Cellulose brute	NDF	ADF	Lignine	Digestibilité matière organique (%)
18-22 oct	21	105	352	690	379	40	60
23-28 oct	25	109	365	696	415	45	60
29 oct-3 nov	26	92	346	707	392	57	57
4-9 nov	31	88	380	747	413	61	51
10-15 nov	53	53	391	777	461	73	51
16-21 nov	64	64	378	747	444	80	45

Le tableau 3 traduit l'ordre de grandeur des variations de valeur alimentaire d'une large gamme de fourrages cultivés et naturels sous différentes conditions de fumure azotée. La digestibilité de la matière organique et l'ingestibilité de la matière sèche ont été évaluées en Guadeloupe, dans des conditions de sol et de climat similaires à celles de la zone guinéenne. Les valeurs évoluent avec l'âge ; les teneurs en protéines sont généralement peu élevées et décroissent très rapidement. Les valeurs PDIN sont généralement inférieures aux valeurs PDIE, traduisant ainsi le déséquilibre quasi constant entre l'énergie et l'azote du fourrage au niveau du rumen et la nécessité de compléter les rations en azote. L'ingestibilité décroît dans des proportions réduites. Les valeurs UFL ont été calculées selon la digestibilité de la matière organique (dMO) ; les deux variables évoluent de la même manière.

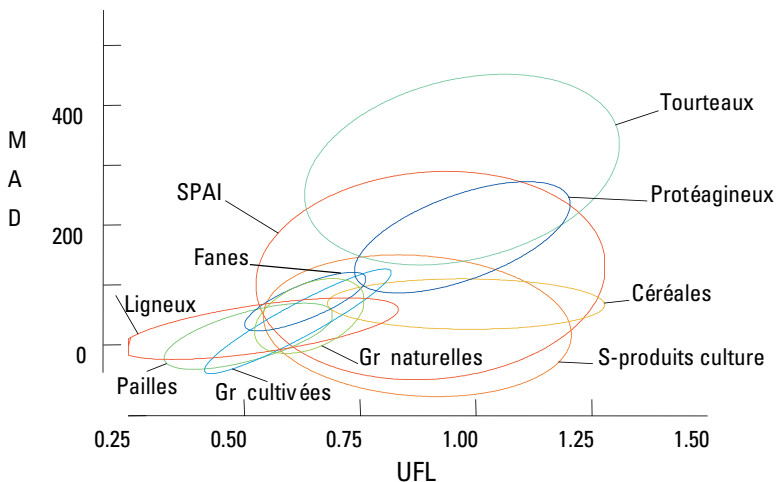
Tableau 3. Valeurs alimentaires de fourrages de la Guadeloupe, selon l'âge de la repousse : moyennes (et amplitudes)

Age de repousse (en semaines)	MAT (% MS)	CB (% MS)	dMO (% MO)	MS ingérée mouton (g/kg ^{p0,75})	PDIN (g/kg MS)	PDIE (g/kg MS)	UFL kg MS
4	12,3 (3,8-20,8)	28,7 (15,6-41,7)	62,3 (48,2-76,3)	63 (52-73)	79 (25-133)	89 (56-122)	0,71 (0,49-0,93)
5	11,8 (6,5-17,1)	29,5 (21,4-37,5)	63,1 (54,5-71,8)	63 (57-69)	76 (42-109)	89 (69-109)	0,74 (0,60-0,88)
6	9,9 (5,2-14,5)	28,2 (21,1-35,3)	61,8 (54,2-69,4)	61 (55-67)	63 (34-93)	81 (63-99)	0,71 (0,59-0,83)
7	10,2 (5,5-14,8)	30,3 (23,2-37,4)	60,7 (53,1-68,4)	61 (55-66)	65 (35-95)	82 (64-100)	0,70 (0,58-0,82)
8-9	9,4 (4,4-14,5)	31,2 (23,5-38,8)	59,9 (51,6-68,2)	60 (54-66)	60 (28-93)	79 (60-98)	0,69 (0,56-0,82)
10 à 12	8,5 (3,2-13,8)	31,5 (23,3-39,6)	59,4 (50,6-68,1)	59 (52-65)	55 (20-89)	76 (56-96)	0,68 (0,55-0,82)
> 12	7,8 (3,3-12,3)	31,5 (24,6-38,4)	56,8 (49,4-64,3)	57 (52-63)	50 (21-79)	72 (54-89)	0,65 (0,53-0,76)

Sources : Xandé *et al.*, 1991.

Dans la conception d'un système d'alimentation amélioré, après avoir inventorié les disponibilités, il faut apprécier la qualité alimentaire des ressources autres que l'herbe et rechercher un équilibre économiquement rentable entre les besoins en énergie et en azote, selon l'objectif de production et la distribution des différentes ressources.

À la diversité des ressources correspond une grande diversité de valeurs alimentaires. La figure 4 compare l'amplitude de variation de ces valeurs et illustre la complémentarité entre les produits fourragers, peu coûteux, disponibles en grandes quantités et les sous-produits de l'agriculture et de l'industrie, utilisables en quantités limitées pour combler les déficits en énergie ou en azote de la ration quotidienne.

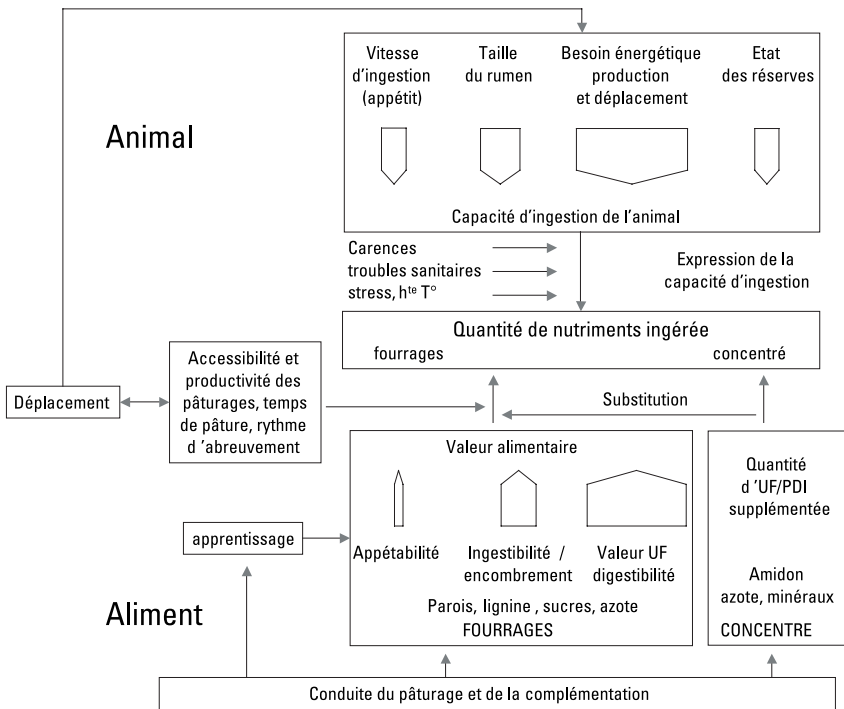
➤ **Figure 4 : Variabilité de la valeur alimentaire de différents types d'aliments**

● Le rationnement

● Le recours aux méthodes d'évaluation de l'alimentation

L'application pratique des méthodes d'évaluation dépend du système d'élevage. Dans un élevage extensif transhumant de bovins à viande, la formulation exacte d'une ration alimentaire équilibrée a peu de sens. Elle est en revanche utile pour l'amélioration d'un élevage laitier périurbain.

En intégrant les facteurs de disponibilité et d'accessibilité, d'environnement et d'état sanitaire, on utilise donc le référentiel disponible pour comparer et hiérarchiser les valeurs des fourrages ou autres aliments, selon des critères de nature, de types de végétation, de saison ou de complémentarité. Le but est de faire tendre l'apport quotidien vers la couverture des besoins théoriques en énergie et en protéine correspondant à un objectif de performance fixé, en tenant compte de la capacité d'ingestion de l'animal.



► Figure 5 : Schéma des facteurs à prendre en compte pour une adéquation entre les besoins de l'animal et la valeur alimentaire de la ration consommée.

● Les apports alimentaires et la couverture des besoins

Les besoins propres aux différentes catégories de ruminants sont repris en détail dans les chapitres qui leur sont consacrés (chapitres 712 et 713). Le tableau 4 présente les besoins alimentaires quotidiens des bovins (vache laitière ou bovin à viande).

Pour illustrer la conception d'une ration, nous prendrons l'exemple d'une vache laitière, exemple le plus technique et où les systèmes d'élevage peuvent être très divers. Le rationnement se conçoit à partir d'une ration de base, composée de fourrage ou d'un aliment de lest, qui couvre l'entretien et un minimum de production. En zone tempérée, la production varie de 20 à 25 kg de lait par jour avec un excellent fourrage (herbe feuillue de valeur nutritive >0,90 UFL et environ 100 g PDI /kg MS) à 5 kg de lait par jour avec une ration de faible valeur alimentaire. En zone tropicale, la ration de base permet rarement de produire plus de 8 kg de lait.

La ration de base doit être combinée avec un complément qui équilibre la ration en fonction des besoins de l'animal. Avec deux aliments, le calcul de la ration est simple. Au-delà de deux aliments, il faut fixer la quantité de l'un d'eux ou de plusieurs avant de calculer la composition du complément. Il existe aujourd'hui des logiciels qui permettent de calculer les rations. Toutefois, même avec ce type d'outil, il est indispensable de bien caractériser les aliments disponibles, de connaître les bases du rationnement et de raisonner les différents apports et les différentes teneurs en énergie et en matières azotées des aliments.

Il est toujours recommandé de faire les calculs de ration par rapport à la matière sèche. C'est d'autant plus important que les animaux reçoivent des fourrages dont la teneur en eau est très variable. Au terme des calculs, les quantités d'aliments sont rapportées aux poids bruts effectivement distribués, en tenant compte des refus.

Tableau 4. Besoins alimentaires quotidiens des bovins (vache laitière ou bovin à viande)

	Poids vif (kg)	Energie (UFL)	Matières azotées		Minéraux		
			PDI (g)	MAD (g)	CA (g)	P (g)	Na (g)
Entretien (stabulation entravée)	200	2,2	173	160	12	7	4
	300	3,0	234	216			
	400	3,7	291	268	24	17	6
	500		344	315			
	600	5,0	394	360	36	27	8
Gestation (3 derniers mois)		+ 20-50 %	+ 50 %	+ 50 %	+ 25-50 %	+ 15-30 %	+ 25%
Lactation (par kg de lait)		0,41 à 0,54 selon le taux de MG (35 à 55 kg)	48	60	3,5	1,7	0,5
Croissance engraissement		1,4 UF/ kg gain au sevrage 2,7 de 1 à 1,5 ans 3,0 de 1,5 à 2 ans 3,2 de 2 à 3 ans 3,2-3,5 après 3 ans	32 g/100 g gain PV	35 g/100 g gain PV	15 g/kg de gain	9 g/kg de gain	2 g NaCl/kg de gain

Les calculs se font toujours pour l'énergie et les matières azotées. Il faut ensuite vérifier si l'animal a la capacité de consommer la quantité de matière sèche proposée (tableau 5). Les apports en minéraux sont ensuite ajustés ; leur encombrement est faible et l'apport supplémentaire en matière sèche n'a pas d'effet significatif sur la capacité d'ingestion de l'animal.

Tableau 5. Consommation journalière estimée de matières sèche (en kg) par vache

Poids vif (kg)	Valeur énergétique des rations (UFL / kg MS)			
	0,40 à 0,55	0,50 à 0,70	0,64 à 0,80	> 0,80
200	3,0 à 4,5	4,0 à 5,0	4,7 à 6,5	6,0 à 8,0
300	4,5 à 6,0	5,0 à 7,0	6,5 à 9,0	7,5 à 9,0
400	6,0 à 7,5	6,5 à 8,5	8,0 à 12,0	9,0 à 13,0
500	7,0 à 9,0	8,0 à 10,0	10,0 à 15,0	13,0 à 17,0
600	8,0 à 10,5	9,0 à 11,5	11,0 à 17,0	17,0 à 23,0

Sur le plan théorique, le calcul est simple : il revient à résoudre deux équations du premier degré à autant d'inconnues qu'il y a d'aliments à incorporer. Une équation est posée pour l'énergie, une seconde pour les MAD ou les PDI selon les références dont on dispose. La quantité moyenne d'eau bue est indiquée au tableau 6.

Tableau 6. Quantité d'eau bue en fonction de la ration de base (en litres/kg MS ingérée)

Nature de la ration	Production faible ou moyenne		Forte production	
	Saison fraîche	Saison chaude	Saison fraîche	Saison chaude
Fourrages secs	4,0	5,5	4,0	5,2
Ensilages de céréales fourragères	2,5	3,2	3,0	3,5
Graminées jeunes (teneur en eau de 85 %)	1,5	2,2	1,5	2,0

● **Le rationnement laitier en système agriculture-élevage**

Nous reprenons ici en le complétant l'exemple abordé dans le chapitre 65.

Les besoins correspondant à l'objectif de production

L'objectif est d'obtenir une production de 3 kg de lait à 5 % de matières grasses avec une vache zébu de 300 kg entretenue sur une parcelle de riz après récolte. Cet objectif permet d'estimer les besoins à 5,2 UFL, 440 g de MAD³ avec un rapport MAD/UFL = 85 g.

Les ressources disponibles

La ration de base est constituée de paille de riz et les aliments disponibles sont les sons et les issues de riz, le tourteau d'arachide et les graines de coton. La ration de base est d'une teneur faible en matières azotées ; les autres aliments en sont bien pourvus pour certains et devraient permettre un ajustement.

Les apports de la ration de base et les déficits en UFL et MAD

Il faut estimer les quantités de matière sèche qui seront ingérées par l'animal. Pour l'objectif ci-dessus, il faut cibler une ration comprise entre 0,64 et 0,8 UFL / kg MS qui sera consommée dans des limites comprises entre 6,5 et 9 kg de MS, soit une moyenne de 7,6 kg de MS qui sert de base de référence.

³ On garde dans ce premier exemple l'expression ancienne en MAD qui reste toujours d'actualité pour les animaux à production limitée.

La ration de base doit être fixée : dans ce cas, on estime (tableau 5) que la vache consomme 4,5 kg de MS de paille de riz soit un apport de 2,3 UFL et 13,5 g de MAD. Le déficit par rapport aux besoins est de 2,9 UFL et 427 g de MAD.

La recherche d'un complément adéquat

La quatrième étape porte sur l'analyse du déficit, l'appréciation des aliments disponibles et le calcul du complément. Dans l'exemple décrit ci-dessus, le déficit est important pour l'énergie et les MAD. Pour le combler facilement, il faudrait distribuer 3,4 kg de MS d'un aliment d'une teneur de 1 UFL et de 147 g de MAD/kg. Le tourteau d'arachide permettrait un apport facile en MAD, mais serait insuffisant en UFL. Un premier choix peut porter sur un complément fait de tourteau d'arachide (TA) et de son fort de riz (SFR) industriel. La lecture des teneurs en UFL et MAD dans les tables des aliments permet de poser les équations suivantes :

$1,11 X (TA) + 0,58 Y (SFR) = 2,9 \text{ UFL}$

$467 X (TA) + 40 Y (SFR) = 427 \text{ g MAD}$

Les calculs aboutissent à la distribution de 0,58 kg de tourteau et de 3,9 kg de son fort de riz, soit un total de 4,5 kg de MS. Cette matière sèche ajoutée aux 4,5 kg de paille ferait un total de 9 kg de MS pour la ration avec une concentration énergétique de 0,58 UFL/kg. Cette quantité de MS serait excessive pour la vache et en conséquence non consommée en totalité (tableau 5). Il faut donc rechercher la formulation d'un autre complément.

Le choix peut se porter alors sur le tourteau d'arachide (TA) et la farine basse de riz (FBR). Les équations deviennent alors :

$1,11 X (TA) + 1,10 Y (FBR) = 2,9 \text{ UFL}$

$467 X (TA) + 99 Y (FBR) = 427 \text{ g MAD}$

La résolution de ces deux équations aboutit à la distribution de 0,46 kg de tourteau d'arachide et de 2,15 kg de farine basse de riz, soit 2,61 kg de MS. Avec la paille de riz consommée, la MS totale ingérée est de 7,1 kg, ce que l'animal peut consommer.

Les compléments minéraux nécessaires

Suite à ces calculs, il faut établir un bilan des apports des aliments en minéraux (cf. tableau 7).

Tableau 7. Bilan des apports des aliments en minéraux

	Calcium	Phosphore
4,5 kg de paille de riz	11,25 g	5 g
0,46 kg de TA	0,46 g	3 g
2,61 kg de FBR	2,35 g	42 g
Total	14,06 g	49 g

Ce total doit être comparé aux besoins qui sont de 33,1 g de calcium et de 19,5 g de phosphore. Ce dernier est largement excédentaire alors que le calcium est insuffisant. Il sera nécessaire d'apporter un complément minéral, à la vache, par exemple sous forme de poudre de coquillage à raison de 100 g par jour. Du sel devra être distribué également : 50 g/jour.

Les quantités à fournir aux animaux

Le calcul des aliments bruts à distribuer constitue la dernière étape. Pour l'exemple développé précédemment, la quantité de tourteau à distribuer est de 0,5 kg, et pour la farine basse de riz de 2,86 kg arrondis à 3 kg. Pour le fourrage, la vache est placée sur la parcelle où elle en consomme à volonté.

En conclusion, la qualité d'une ration se juge sur les résultats zootechniques. Si elle est adaptée et correspond aux besoins, l'animal assure sa production et garde un état constant. Si ce n'est pas le cas, il perd ou gagne de l'embonpoint. Il est essentiel de suivre l'état et les productions des animaux pour porter un jugement sur une ration.

● La complémentation de vaches en élevage extensif traditionnel

Les parcours sont caractérisés par de fortes variations saisonnières de la valeur alimentaire des ressources herbacées et ligneuses. L'alimentation doit être raisonnée en fonction de la saison, des compléments disponibles et des objectifs de l'éleveur, à court et long terme.

Analysons le cas d'une vache zébu de 250 kg, ayant mis bas en milieu de saison des pluies. Après deux mois de saison sèche, soit 3,5 mois de lactation, l'éleveur souhaite maintenir la production de lait à un niveau de 2 kg durant 2 mois. Il faut également que la vache conserve un bon état pour assurer la fécondation suivante.

Les besoins de l'animal pour maintenir son poids vif et assurer la production de lait sont de 4,5 UFL et 393 g de MAD.

Le calcul des apports de la ration de base

Sur parcours naturel sahélo-soudanien à dominance de graminées annuelles, la valeur nutritive du fourrage ingéré est estimée par celle figurant dans les tables pour le milieu de saison sèche, soit 0,50 UFL et 3 g de MAD par kg de MS. La consommation de matière sèche peut être estimée à 5 kg par jour en tenant compte de l'ingestibilité du fourrage. La vache ingère donc environ 2,5 UFL et 15 g de MAD. Le déficit par rapport aux besoins est de 2 UFL et 378 g de MAD. Les aliments disponibles sont le tourteau de coton expeller (TC) et du son gros de blé (SGB).

$$0,94 \text{ TC} + 0,82 \text{ SGB} = 2 \text{ UFL}$$

$$380 \text{ TC} + 117 \text{ SGB} = 378 \text{ MAD}$$

La résolution des deux équations donne le résultat suivant : 0,38 kg de tourteau de coton et 2 kg de son gros de blé, soit en poids brut 0,41 kg de tourteau et 2,3 kg de son. Sur le plan de la consommation de matière sèche, cet apport de 2,4 kg peut être consommé sans modifier l'ingestion de fourrage, dont la digestibilité est même améliorée par l'apport des matières azotées du complément.

● Le cas d'une vache en stabulation en élevage périurbain

En zone périurbaine, l'approvisionnement en fourrage pose problème. Il peut être résolu en utilisant des résidus ou des sous-produits faciles à se procurer, comme les coques d'arachide ou les coques de graine de coton là où existe une usine de traitement de ces oléagineux.

Prenons le cas d'une petite exploitation avec deux ou trois vaches métis zébu d'un poids vif de 400 kg, maintenues en stabulation libre. Le rationnement vise la production de 10 kg de lait à 5 % de MG par vache.

Les besoins d'une vache : 9,2 UFL et 895 g de MAD

La consommation de matière sèche : entre 8 et 12 kg

Les aliments disponibles : coques de graine de coton, tourteau de coton expeller (TC), mélasse (M), drêches de brasserie (DB). Avec ces aliments, la ration de base peut être constituée de 3,5 kg de coques de graine de coton qui ont pour rôle principal de constituer du lest et de 2,5 kg de drêches.

Les apports de la ration de base : 3,7 UFL et 608 g de MAD. Les déficits sont de 5,5 UFL et 287 g de MAD.

Le calcul du complément

$$0,94 TC + 0,91 M = 5,5 UFL$$

$$380 TC + 14 M = 287 g MAD$$

Les résultats sont 0,55 kg de tourteau et 5,5 kg de mélasse. Le total de la matière sèche de cette ration est de 12 kg, quantité qui peut être consommée par la vache. Toutefois, cette ration n'est pas à conseiller, car la proportion de mélasse est trop importante, ce qui peut entraîner des problèmes digestifs. Il faut réduire la part de la mélasse et augmenter la part du lest ou apporter un fourrage.

C'est ce dernier point qu'il faut conseiller à l'éleveur : acheter de la paille de riz, de la fane d'arachide ou un autre fourrage et le distribuer à raison de 2 kg par vache, mélangé ou pas à la mélasse. Les calculs sont donc à reprendre après avoir fixé la quantité de fourrage.

Minéraux : les besoins sont de 61,4 g de calcium et de 35,7 g phosphore. Pour les aliments cités dans cet exemple, les teneurs en calcium sont faibles. La drêche et le tourteau ont de bonnes teneurs en phosphore, mais pas les autres sous-produits. Après avoir choisi le fourrage, il faut trouver un complément minéral qui apporte du calcium et du phosphore ; une farine d'os peut par exemple être utilisée.

● Une unité laitière avec des vaches importées fortes productrices

Nous considérerons une exploitation ayant importé des vaches à haut niveau de production. Les calculs portent sur une vache de 600 kg produisant 30 kg de lait à 4 % de matières grasses. Ils utilisent le système PDI.

Les besoins : 18,2 UFL, 1 835 g de PDI (PDI/UFL = 101 g), 140 g de calcium, 75 g de phosphore.

La quantité de matière sèche ingérée : 20,1 kg.

L'inventaire des aliments

Un inventaire doit être réalisé, mais pour ce type de production, il faut souvent aller chercher des aliments non disponibles localement. L'exploitation fournit les fourrages, par exemple du *Panicum maximum* exploité au stade repousse 4-6 semaines et du niébé au stade floraison. Les sous-produits disponibles localement sont le tourteau d'arachide, les drêches de brasserie, le son fin de blé, la mélasse.

Le calcul de la ration de base

Pour ce type d'exploitation, la ration de base doit chercher à assurer la production équilibrée d'une certaine quantité de lait : cela permet de calculer ensuite un complément de production qui est distribué selon le niveau de production de chaque vache. La ration de base doit donc être calculée de façon précise.

Considérons en première approche une ration de base couvrant 8 kg de lait (8,5 UFL, 755 g PDI) avec la distribution de 7 kg de *Panicum* et 2 kg de niébé : apports de 6,1 UFL, 415 g PDI_N, 406 g de PDI_E. Le déficit est de 2,4 UFL, 340 g PDI_N, 349 g PDI_E. Le calcul au niveau des PDI doit être fait pour la catégorie de PDI la plus déficitaire, en l'occurrence les PDI_N ; toutefois, dans le cas présent, cette différence est faible.

Le déficit permet de calculer la valeur moyenne du complément : il doit avoir une teneur proche de 142 g de PDI_N ou PDI_E/UFL. Parmi les aliments disponibles, la lecture des tables montre que les drêches et le son sont plus riches en PDI_N qu'en PDI_E, la mélasse en PDI_E qu'en PDI_N. Pour les drêches et la mélasse, les calculs sont les suivants :

$$223 \text{ DB} + 32 \text{ M} = 340 \text{ PDI}_N$$

$$189 \text{ DB} + 68 \text{ M} = 349 \text{ PDI}_E$$

Ceci conduit à recommander l'incorporation de 1,3 kg de drêches et 1,6 kg de mélasse pour un équilibre azoté. L'apport en énergie de 2,7 UFL est très légèrement supérieur au déficit (2,4), ce qui est peu important.

La ration de base couvrant 8 kg de lait est donc de 7 kg MS de *Panicum*, 2 kg MS de niébé, 1,6 kg MS de mélasse, 1,3 kg MS de drêche, soit 11,9 kg de MS.

Le calcul du complément

Il reste à couvrir 22 kg de lait avec un concentré équilibré, soit un apport de 9,7 UFL, 1 080 g PDI et normalement un reliquat de 8,2 kg de MS consommable. Ceci conduit à une concentration du kg de MS de 1,18 UFL et 132 g PDI. La concentration énergétique visée ne sera possible à obtenir qu'avec l'incorporation d'une céréale et la recherche d'un aliment non inventorié dans un premier temps. Le choix se portera sur le maïs (Ma), complémenté par le tourteau d'arachide (TA). Le calcul se fait par kg de concentré :

$$345 \text{ TA} + 82 \text{ Ma} = 132 \text{ PDI}_N$$

$$192 \text{ TA} + 120 \text{ Ma} = 132 \text{ PDI}_E$$

soit 0,2 kg de tourteau et 0,8 kg de maïs (toujours sur la base de la MS).

Le bilan en énergie est de 1,24 UFL soit un léger excès. Le maïs peut être remplacé par le sorgho, moins riche en énergie :

$$345 \text{ TA} + 91 \text{ S} = 132 \text{ PDI}_N$$

$$192 \text{ TA} + 117 \text{ S} = 132 \text{ PDI}_E$$

La proportion du mélange est de 15 % de tourteau et 85 % de sorgho. L'énergie contenue est de 1,17 UFL/kg MS.

Le choix entre le maïs et le sorgho est alors principalement d'ordre économique.

Le calcul des apports en minéraux

Tableau 8. Calcul des apports en minéraux (en g)

	Ration de base : entretien plus 8 l lait		Complément (avec sorgho) : 22 l lait	
	Apports	Besoins	Apports	Besoins
Calcium	69,2	63	3,3	77
Phosphore	21,6	38	33	37

Conclusion : la ration de base est déficitaire en phosphore ; elle devra être complémentée par un phosphate ne contenant pas de calcium, comme par exemple du phosphate disodique ou dipotassique. Le complément est au contraire déficitaire en calcium. Il faut choisir un carbonate ou de la poudre de coquillage légèrement complémenté par un phosphate tricalcique (éventuellement de la farine d'os calciné).

La ration de base est déficitaire en phosphore ; elle doit être complémentée par un phosphate ne contenant pas de calcium, comme par exemple du phosphate disodique ou dipotassique.

Le complément est au contraire déficitaire en calcium. Il faut choisir un carbonate ou de la poudre de coquillage légèrement complémenté par un phosphate tricalcique (éventuellement de la farine d'os calciné).

LA REPRODUCTION

● La vie sexuelle des femelles

● Le type sexuel des femelles

Selon l'espèce et la race (pays tempéré ou zone tropicale), l'activité sexuelle des femelles est continue (pendant toute l'année) ou saisonnière : il s'agit du *type sexuel*. L'ovulation est spontanée (brebis, vache) ou provoquée (dromadaire).

Le tableau 9 résume les principales caractéristiques de la vie sexuelle des femelles de différentes espèces de races tropicales et tempérées : type sexuel, durée du cycle sexuel, durée de gestation, etc.

● Le cycle œstral

Le tableau 9 indique la durée moyenne du cycle œstral normal. Des cycles anormaux plus longs (corps jaune persistant par exemple) ou plus courts (nymphomanie, etc.) peuvent se produire.

Les problèmes de reproduction se posent avec acuité pour *les races importées* : les races bovines laitières introduites dans les pays tropicaux souffrent pendant les périodes chaudes, surtout si l'hygrométrie est élevée et si elles sont en lactation. Elles souffrent aussi de pathologies et des variations de disponibilité des aliments. La maturité sexuelle en est retardée. Un raccourcissement de la durée de l'œstrus, une augmentation des œstrus sans ovulation, un allongement du cycle œstral, une modification du taux de progestérone dans le sang sont souvent constatés en périodes chaudes. Le taux de mortalité embryonnaire précoce est plus élevé. Tout cela aboutit à une fertilité réduite chez les animaux importés.

La période la plus critique d'exposition à la chaleur est le moment de l'insémination et les jours qui suivent l'ovulation. La période de mise en reproduction optimale correspond aux périodes fraîches de l'année.

Les races bovines à viande sont moins affectées par la chaleur. Elles maintiennent leurs performances de reproduction si le climat n'est pas trop contraignant. Les races caprines européennes importées en régions chaudes se reproduisent moins bien qu'en Europe. Elles continuent à être saisonnées et présentent une période d'anœstrus et d'anovulation : la saison sexuelle est plus longue de 18 à 49 jours, la dissociation entre œstrus et ovulation est plus grande, la proportion de cycles courts est plus grande, le taux d'ovulation est moins élevé qu'en Europe. Les chèvres croisées restent en partie saisonnées.

Tableau 9. Résumé des caractéristiques de la vie sexuelle des femelles selon les espèces et races

Espèces et races	Type sexuel	Epoque de saillies	Durée du cycle oestral (j)	Durée de l'œstrus (h)	Durée de gestation (j)	Involution utérine normale (j)
Vache						
Pays tempéré	continu	toute l'année	21 (20-23)	18	9,5 mois environ (240-320)	30 (21-40)
N'Dama	continu	début SS surtout	21 ± 1,5	9 à 12	276 à 290 (selon race)	
Baoulé	continu	début SS surtout	21 ± 2	10 à 11	283 ± 9	31 ± 11
Zébu	continu	début SS surtout	22 ± 1,5	10 à 13	285 à 288	
Brebis						
Pays tempéré	saisonnier	automne/printemps	17 (14-19)	30 à 36 (24-53)	146 (140-157)	17-30
Djallonké	continu	début SP surtout	17 (14-19)	41 (1-3 j)	5 mois	
Chèvre						
Alpine	saisonnier	automne	21 (16-25)	31 (2-3 j)	145 (145-157)	36
Barbarine	continu	début SP surtout		33	5 mois	
Truie						
	continu	toute l'année (2,2-2,4 cycles/an : 150 j/cycle)	21	60 (2,5 j)	114 (109-121) 3 mois 3 sem. 3 j	15-25
Jument						
Pays tempéré	saisonnier	avril-octobre	20 à 21 (15-33)	6 j (2-10 j)	11 mois (310-340 j)	13-15
Hémisphère sud	saisonnier	milieu SP (août-déc.)				
Anesse						
Pays tempéré	saisonnier	mars-septembre	21	3-5 j	375 (350-405 j)	
Dromadaire						
	saisonnier, ovulation provoquée	hiver en zone méditer., SP en zone intertrop., nov. à mai en Inde	24 (11-35)	4 j (3-7 j)	12-13 mois (370-390 j)	38-42
Lapine						
	continu, ovulation provoquée	toute l'année	16	—	30 (24-36) (1 mois)	

SS = saison sèche.

110-130 = écart des valeurs.

zone méditer. = zone méditerranéenne.

SP = saison des pluies.

30 à 36 = écart des moyennes.

zone intertrop. = zone intertropicale.

● L'oestrus

En pays tempéré, la durée moyenne de l'oestrus est de 18-19 h chez la vache et de 14 h chez la génisse. En pays tropicaux, cette durée est plus courte. Ainsi, chez les taurins N'Dama et Baoulé, les chaleurs durent en moyenne 9 à 12 h. Elles ne sont pas toujours très nettes et sont parfois entrecoupées. Chez ces races, les signes anatomiques (utérus ferme à la palpation et oedème de la vulve) sont inconstants et sont détectés respectivement sur moins de 20 % et de 50 % des chaleurs. Néanmoins des essais ont montré en Côte d'Ivoire qu'en observant le comportement pendant une demi heure, deux fois par jour à 7 h et à 15 h, il est possible de détecter des chaleurs deux fois sur trois.

Tableau 10. Résumé des performances moyennes de reproduction des femelles selon les espèces et races

Espèces et races	Puberté femelle (mois)	Première mise bas (mois)	Intervalle entre mises bas (mois)	Fertilité (%)	Prolificité petits/portée)	Retour des chaleurs après mise bas (j)
Vache						
Pays tempéré	6-12			80-90	1,03	40-56 (race lait ou viande)
N'Dama	12 à 33 (60 % PAd)	22,5 à 55	12 à 25	50 à 85		34-140
Baoulé	14 à 26 (57-64% PAd)	25,5 à 42,5	14 à 18,6			41-101,5
Zébu	19 à 26	43 à 45	36 à 85,5			107
Brebis						
Pays tempéré	6-8 (60-65 % PAd)				1-3 ou 1,5-2,5	40-60 (+ effet mâle)
Djallonké	6-8	11,5-19,5	8 (7-11)			40 à 85
Chèvre						
Alpine	6-10	11-15			1-3 ou 1,5-2,5	
Djallonké	8-10	14,5-17,5	6-8		souvent 2 voire + (+ effet mâle)	
Créole (Guadeloupe)	8-14	17,2 ± 3,1	8,5	82-95	1,75 à 2,1	
Truie						
	6 (4-10) attendre 8-9	10,5-12	5-5,5	80-90	10,7-11,3	30-60 (dont lactation 3-4 semaines)
Jument						
Pays tempéré	12-24			64-85		
Anesse						
Pays tempéré	2-3 ans	4,5 ans (4-5 ans)		43	avort. fréquent si jumeaux	12 à 15 (2-22)
Anesse africaine	18 (1-2 ans)		2 ans environ			
Dromadaire						
	2 à 4 ans	3,5 à 7 ans	2 ans (15-36 mois)	30 à 47	1,01 à 1,04	1 à 10 mois
Lapine						
	4 à 6 (3-8)	4-9	2-3 (50-90 j)		7 à 8 (3-10)	10

110-130 = écart des valeurs 30 à 36 = écart des moyennes PAd = Poids adulte avort. = avortement

Tableau 11. Résumé des principales caractéristiques de reproduction des mâles selon les espèces et races

Espèces et races	Puberté mâle (mois)	Volume du sperme (ml)	Spz mobiles (%)	Concentration du sperme (1.000 spz/mm ³)	Nombre de spz totaux (10 ⁹) par éjaculat	Nombre de femelles par mâle
Taureau						
Pays tempéré	11-12	5 (2-10)	70 à 80	1 200 (700-2 500)	7 (lait) 4 (viande)	30-50
N'Dama		4	51,5	930		
Baoulé	17,5 (61 % PAd)	2,4 (2-3)	80	1 000		
Zébu	20-22	3,4	80	1 800		
Buffle		4	60		4	
Bélier						
Pays tempéré	5-7 ou 12-15 selon la sais. de naissance	1 (0,5-2)	75	3 000 (2 000- 5 000)	3	70-80
Djallonké	5,8 ± 1					
Bouc						
Alpine	5-10 (40-50 % PAd)	1 (0,5-2,5)	80	3 000 (1 000- 5 000)	2-3	70-80
Boer		1,34	88	2 700	3,6	
Verrat	8 (4-10)	300 (150-500)	60	300 (25-350)	45	30-40
Étalon						
Pays tempéré	12-18	50 à 100 (20- 300)	70-80	150 (30-800)	8,4 à 9	50-80
Ane						
Pays tempéré	3 ans	45 (10-130)	75	200 (50-400)	8 à 10 (3-20)	70-80
Dromadaire	4-5 ans	7,7 à 8,5 (4-12)	55 à 80 (40-80)	500 (140-760)	4	70
Lapin	6 (3-8)	0,6 (0,5-6)	80	50-350	0,03	10

110-130 = écart des valeurs.
30 à 36 = écart des moyennes.

spz = spermatozoïde.
sais. = saison.

PAd = Poids adulte.

● La gestation

Chez la vache, la durée moyenne de gestation varie légèrement selon la race. En pays tempérés, elle est de 276 à 290 j ; elle est par exemple de 279 j en race Jersiaise et de 290 j en race Charolaise. Chez les zébus, cette durée varie entre 260 et 310 jours ; la moyenne avoisine les 280-290 jours.

En dessous de la durée moyenne de gestation, on parle de *mise bas prématurée*. Chez la vache, à moins de 240 jours de gestation, le fœtus n'est en général pas viable et il y a *avortement*. Avant 42 j de gestation, on parle de *mortalité embryonnaire*.

Chez la vache, le diagnostic de gestation est basé sur la cessation des chaleurs, sur la palpation transrectale, sur le dosage de la progestérone dans le sang ou dans le lait prélevé 21 à 24 jours après le service (saillie naturelle ou insémination artificielle), sur le dosage de la PSPB (*Pregnancy specific protein B*) ou de la PSG 60 (Protéine sérique de gestation) plus de 70 jours après le vêlage ou enfin sur un examen échographique.

Chez la chèvre, le prélèvement de sang ou de lait est réalisé le 21^{ème} ou 22^{ème} jour après le service pour doser la progestérone. Chez la brebis, il est pratiqué entre le 17^{ème} et le 20^{ème} jour. Chez la chèvre, le sulfate d'oestrone peut être dosé dans le sang, le lait ou l'urine après le 60^{ème} jour de préférence.

● **Les performances de reproduction des femelles⁴**

● **La puberté des femelles**

La puberté est le moment où apparaissent les premières chaleurs. C'est un caractère important au point de vue économique. Mais il n'est pas conseillé de mettre à la reproduction les femelles dès leurs premières chaleurs. La fertilité est moins bonne que plus tard : premières chaleurs et premières ovulations ne sont pas bien synchronisées. La croissance n'est pas encore terminée et s'en trouve pénalisée.

Pour chaque espèce et même pour chaque race, un moment optimum de mise à la reproduction peut être établi : *la nubilité*. Comme pour la puberté, ce moment est lié non seulement à l'âge de l'animal, mais surtout à son poids, en considérant le pourcentage du poids de l'animal par rapport au poids moyen des adultes.

En France, les génisses sont mises à la reproduction vers 15-24 mois lorsqu'elles ont atteint les deux tiers du poids adulte. Les races tropicales sont, en général, plus tardives et il est également conseillé de ne pas les mettre à la reproduction avant qu'elles atteignent les deux tiers du poids adulte. Les femelles croisées avec des taurins européens ont une croissance plus rapide et une puberté plus précoce. Les races européennes en zone tropicale ont une puberté retardée car leur croissance est faible. Agnelles et chevrettes atteignent la puberté vers six mois à 40-60 % de leur poids adulte et peuvent être mises à la reproduction vers 50-60 % de leur poids adulte.

● **La fertilité**

Le taux de femelles gravides varie beaucoup selon les conditions d'élevage pour une même race. Dans des conditions extensives d'élevage, ce taux n'est souvent que de l'ordre de 50 % pour les races bovines tropicales ; il peut s'améliorer fortement avec l'amélioration de l'alimentation (voir ci-dessous). Ainsi, en race Baoulé, la fertilité est proche de 40-50 % en milieu villageois et de 85 % en élevage amélioré en ranch ou en station en Côte d'Ivoire.

● **La prolificité**

Chez les bovins, l'obtention de jumeaux est assez rare (environ 2 %). En général, ceux-ci ne sont d'ailleurs pas souhaitables, car ils compliquent la gestion de l'élevage et peuvent nécessiter l'adoption d'un des jumeaux par une autre mère. Lorsque les deux jumeaux sont de sexes différents, la femelle est presque toujours stérile.

Chez les ovins et les caprins, la prolificité (nombre de produits par mise bas), très variable selon les races, peut être beaucoup plus élevée que chez les bovins. Les brebis africaines ont souvent une prolificité assez faible (1,2 à 1,5), celle des chèvres est souvent supérieure (1,5 à 2).

⁴ Cf tableau 10.

● ***Le mâle et la reproduction***⁵

● **La puberté**

En milieu tropical, la puberté est souvent tardive chez les races locales. Pour cette raison, comme chez la femelle, il est important de considérer non seulement l'âge, mais aussi le poids à la puberté pour éviter de solliciter des reproducteurs trop légers et immatures.

Chez les bovins de pays tempérés introduits en pays chauds, la puberté est retardée et la spermatogenèse est affectée. La croissance des bovins européens est ralentie à une température supérieure à 24 °C. La chaleur sèche est mieux supportée que la chaleur humide.

En race taurine Baoulé, au Burkina, la puberté mâle apparaît en moyenne à 17,5 mois à un poids moyen de 155 kg, soit 61 % du poids adulte. Chez les taurins créoles et les zébus, elle est un peu plus tardive : 20 à 22 mois en moyenne.

● **Le sperme**

Il n'existe aucun rapport entre l'intensité de la libido (ardeur sexuelle) et la qualité du sperme. Les caractéristiques du sperme (spermogramme) des taureaux sont soit comparables, soit inférieures en termes de volume et donc aussi de nombre de spermatozoïdes totaux chez les races locales en pays tropicaux par rapport aux taureaux en pays tempérés.

Chez les bovins de pays tempérés introduits en pays chauds, la motilité du sperme chute, puis le nombre de spermatozoïdes (volume et concentration). Mais l'effet dépressif dû au climat est moins prononcé que chez les femelles. La sensibilité à la chaleur varie d'un taureau à l'autre. Les fils de taureaux résistants se comportent mieux que les autres.

● **Le nombre de femelles par mâles**

Dans les grands élevages, pour assurer une bonne reproduction, il est important d'adapter l'effectif des femelles à celui des mâles disponibles. Le nombre de femelles pouvant classiquement être mises avec un seul mâle en période de monte est indiqué dans le tableau 11.

● ***La variation de la fertilité chez la vache laitière***

La fertilité est un élément essentiel de la productivité numérique des élevages de ruminants. Elle dépend de nombreux facteurs et est souvent assez faible en régions chaudes. Les principaux facteurs de variation de la fertilité sont rappelés ci-dessous. L'éleveur peut intervenir facilement sur certains facteurs (alimentation, santé), plus difficilement sur d'autres (caractères raciaux, climat).

⁵ Cf tableau 11.

● Les caractéristiques individuelles des femelles

La fertilité dépend de la race, de l'âge (la fertilité des génisses est en général supérieure à celle des vaches), de la croissance des génisses, du temps écoulé depuis le dernier vêlage (ne pas inséminer trop tôt après le vêlage), de facteurs génétiques. On peut intervenir sur ces caractéristiques par sélection ou plus rapidement pas croisement. Dans tous les cas, il s'agit d'un processus pluriannuel d'amélioration à moyen terme.

● L'alimentation

La fertilité dépend surtout de l'état corporel et du niveau d'alimentation des reproducteurs. Les carences doivent être évitées (vitamines A et E, sélénium). La fertilité dépend de l'exécution d'un *flushing* (alimentation plus poussée avant et après le service), de la note d'état corporel⁶, de l'évolution du poids au moment du service (un poids en augmentation est favorable).

Il est donc possible d'intervenir à court terme sur l'amélioration de l'alimentation pour agir sur la fertilité du troupeau.

● Le climat et la saison

La fertilité dépend du climat et de la saison, de la température ambiante au moment de l'insémination et du début de la gestation (elle ne doit pas être trop élevée) et de la luminosité des locaux. Le climat agit de façon directe et aussi indirecte par le biais des variations du disponible alimentaire et des pratiques d'élevage.

● Les pathologies

La fertilité dépend des maladies ou des affections de la vache⁷, du taureau⁸, du troupeau⁹, et de l'hygiène de l'exploitation¹⁰.

● L'insémination artificielle

Lorsqu'on utilise l'insémination artificielle (IA), la fertilité des femelles inséminées peut dépendre aussi de l'inséminateur ; en régions chaudes il faut en particulier veiller à éviter les rayons de soleil sur la semence et les chocs thermiques, ne jamais être brutal, déposer la semence en avant du col de l'utérus de la femelle, etc. La fertilité dépend aussi du moment de l'insémination par rapport au début des chaleurs ou du type de traitement de maîtrise des chaleurs si l'insémination a lieu à heure fixe, de la technique utilisée (semence fraîche ou congelée), du taureau (certains taureaux ont des semences meilleures que d'autres) et de sa race (la fertilité est meilleure si le taureau est de race différente de la vache). Ces problèmes et notamment la détection précise des chaleurs sont plus difficiles à maîtriser en régions chaudes.

6 À la Réunion, l'insémination première a trois fois plus de chances de réussir lorsque le gain d'état corporel augmente de 1 point dans le mois qui encadre l'insémination.

7 Anœstrus, métrites, kystes ovariens folliculaires ou lutéaux, sclérose de l'ovaire, hypogonadisme gonadique, anomalies chromosomiques, troubles locomoteurs, mammites, dystocies et suites de vêlage par exemple.

8 Hypogonadisme, orchite, épидидymite.

9 Maladies abortives, maladies contagieuses telles que la brucellose, etc.

10 Isolement des vaches avant, pendant et après la mise bas, etc.

LE LOGEMENT DES RUMINANTS

Le logement des ruminants dans une étable, même modeste, est en général bénéfique pour leurs productions. L'étable doit être simple, hygiénique et peu coûteuse. L'emplacement, proche d'une voie de communication, doit être aussi plat que possible, sur un sol résistant et sans boue au niveau des parcours. Le bâtiment, bien ventilé mais sans courant d'air, est souvent orienté est-ouest. Les abreuvoirs sont placés à l'ombre.

Les matériaux, au bon pouvoir isolant, sont de préférence ceux disponibles sur place. Les murs peuvent être en torchis (argile mélangée à de la paille), avec ou sans ciment, en pierre, en ciment, en bois ou en paille tressée. Les charpentes sont en fer ou en bois.

Des clôtures délimitent la partie centrale de l'exploitation et les pâturages. Pour les bovins, cinq rangées de fils de fer non barbelés commençant à 15 cm du sol et s'élevant jusqu'à 35-40 cm du haut des poteaux conviennent. Les haies vives demandent du travail et sont moins efficaces.

En élevage transhumant, les constructions sont très réduites. L'eau doit être disponible à proximité. En élevage sédentaire, la stabulation peut être libre ou entravée, solution souvent choisie pour moins de vingt vaches, mais qui peut augmenter la pathologie des membres.

En stabulation entravée, les animaux sont attachés et rangés sur un ou deux rangs dans l'étable aux ouvertures larges. L'étable comprend un couloir d'alimentation, des stalles, des mangeoires, des cornadis, des abreuvoirs, des rigoles et une fosse à purin. Chaque bovin est placé sur une stalle de 1,1 m de large et d'une longueur variable : 2,5 m, 2 m ou 1,6 m. Le sol, résistant et imperméable, doit être légèrement en pente : 1,5 à 2 cm/m. La stabulation libre, avec des bâtiments ouverts, est plus économique. Elle permet de réduire la main-d'œuvre, mais exige de la paille. Chaque vache dispose d'au moins 10 m².

Des annexes sont incluses dans l'étable ou construites à part : locaux de conservation du foin ou de l'ensilage, local de conservation de l'aliment concentré, local de préparation des compléments alimentaires, étable fumière, laiterie et éventuellement salle de traite. La traite mécanisée est possible si l'énergie électrique est disponible, ainsi que des pièces détachées et des produits d'entretien. Elle est économiquement envisageable en élevage périurbain ou industriel.

Pour les petits ruminants, un parc clôturé et un abri peuvent suffire.

L'entretien des locaux est important. Les locaux doivent être nettoyés puis désinfectés régulièrement. Les déjections des animaux sont stockées pour produire du fumier, qui est utilisé par l'éleveur-agriculteur ou vendu. Il peut aussi être transformé en biogaz (méthane), apportant une énergie bon marché, ou en compost. Certains agriculteurs ont des vaches principalement pour fertiliser leurs champs.

Bibliographie

Diversité génétique et performances

AUDIOT, 1995. *Races d'hier pour l'élevage de demain*. INRA, 226 p.

FAO, 1993. *World watch list for domestic animal diversity*. Rome, FAO. 376 p.

GAUTIER A., 1990. *La domestication. Et l'homme créa l'animal*. Ed. Errance, 281 p.

Alimentation

GUÉRIN H., FRIOT D., MBAYE N., RICHARD D., 1991. *Alimentation des ruminants domestiques sur pâturages naturels sahéliens et sahélo-soudaniens. Etude méthodologique dans la région du Ferlo au Sénégal*. - 2. ed..Maisons-Alfort, France, CIRAD-LEMVT, n. 39, 115 p. Etudes et synthèses de l'LEMVT.

GUÉRIN H., 1999. *Valeur alimentaire des fourrages cultivés*. In : Roberge G. (ed.), Toutain B. (ed.), Cultures fourragères tropicales. Montpellier, France, CIRAD, p. 93-145. Repères.

RICHARD D., GUÉRIN H., FALL S.T., 1989. - *Feeds of the dry tropics (Sénégal)* - Chapter 16 In : Ruminant nutrition. Recommended allowances and feed tables.. JARRIGE R. éd. Paris - INRA, London - John LIBBEY Eurotext, p.325-346.

XANDÉ A., GARCIA-TRUJILLO R., CACERES O. 1989 - *Feeds of the humid tropics* - Chapter 17 In Ruminant nutrition. Recommended allowances and feed tables. JARRIGE R. éd. Paris - INRA, London – John LIBBEY Eurotext, p. 347-364

Reproduction

INRA, 1984. *Reproduction des ruminants en zone tropicale. Réunion internationale. Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, 8-10 juin 1983*. Paris, INRA, 520 p. (Les colloques de l'INRA n° 20).

LHOSTE PH., DOLLÉ V., ROUSSEAU J. et SOLTNER D., 1993. *Zootecnie des régions chaudes : les systèmes d'élevage*. Paris, Ministère de la Coopération, CIRAD. Collection Manuels et précis d'élevage, 288 p.

SOLTNER D., 1993. *La reproduction des animaux d'élevage*. Collection Sciences et techniques agricoles, 2e édition, 232 p.

THIBAUT C. et LEVASSEUR M.-C. (Coord.), 1991. *La reproduction chez les mammifères et l'homme*. Paris, INRA, 768 p.

TILLARD E., LANOT F., BIGOT C.E., NABENEZA S., PELOT J., 2000. *Performances zootechniques et sanitaires. Les performances de reproduction en élevage laitier*. In : BLANFORT V. HASSOUN P., MANDRET G. PAILLAT J.M., TILLARD E., ed CIRAD/INRA/Région Réunion, CAH : 527-292.

Logement

LOBRY M., VANDENBUSSCHE J., PONTUS B., PELLETIER M., 1977. *Manuel de construction des bâtiments pour l'élevage en zone tropicale*. Paris, ministère de la Coopération ; Maisons-Alfort, IEMVT, coll. Manuels et précis d'élevage, 3, 218 p.