

Calcul des Unités Gros Bétails : proposition d'une méthode basée sur les besoins énergétiques pour affiner l'étude des systèmes d'élevage

Marc BENOIT, Patrick VEYSSET

Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

Courriel : marc-p.benoit@inrae.fr

■ Le concept d'Unité Gros Bétail (UGB), à l'origine censé traduire la charge animale sur la ferme selon les besoins énergétiques des animaux, repose aujourd'hui sur des coefficients uniformisés ne prenant pas en compte certaines caractéristiques essentielles des animaux comme leur gabarit ou leur niveau de production. Afin de les prendre en compte, nous proposons des équations de calcul des UGB basées sur les besoins en énergie nette des animaux et utilisables à l'échelle de la ferme.

Introduction

Le concept d'Unité Animale est apparu au début du XX^e siècle aux États-Unis pour mieux apprécier l'utilisation des pâturages communs des bovins et des ovins (Scarnecchia, 1985). L'unité animale alors définie traduit la capacité de prélèvement d'herbe d'un herbivore au pâturage, une vache adulte étant considérée comme valant un cheval, cinq moutons ou cinq chèvres. Toujours aux États-Unis, au milieu des années 1950, l'unité animale se définit explicitement sur la base du poids vif de l'animal, mais implicitement renvoie au niveau d'ingestion de fourrages au pâturage. En France, le concept d'UGB est apparu au début des années 1960 pour aider à l'analyse des systèmes de production (Boichard, 1969) avec la volonté de permettre des comparaisons entre des troupeaux de structure différente en se basant sur les besoins énergétiques des animaux (Coléou, 1960). Au Royaume-Uni, Upton (1989) exprime le fait que l'évaluation de

la productivité d'un troupeau de ruminants doit être exprimée par animal, conduisant ainsi à considérer les différents types d'animaux du troupeau et à les exprimer en une unité commune. Des coefficients de conversion en UGB sont alors proposés (Upton, 1993) sur la base des besoins énergétiques des animaux, besoins dépendant du seul poids métabolique de l'animal. Dans les années 1980, afin de caractériser et développer l'élevage dans les zones tropicales africaines, une première tâche a été de quantifier le nombre d'animaux présents dans ces régions en agrégeant les grands et petits ruminants, et les monogastriques. Le concept de « *Tropical Livestock Unit* » (TLU) a ainsi été proposé (Jahnke, 1982). Il était alors important d'évaluer le nombre de ruminants au regard des zones de parcours et pâturage disponibles, d'où le concept de « *Tropical Cattle Unit* » (TCU).

Quel que soit le mode d'extrapolation entre types d'animaux ou espèces, la notion d'unité animale nécessite

de définir un animal de référence. En Australie, il s'agit de la brebis vide (McLaren, 1997). Aux États-Unis, en 1974 « *the Society for Range Management* » définit un « *Animal Unit* » correspondant à une vache tarie gestante de 1 000 livres (454 kg vifs) et consommant 12 kg de Matière Sèche (MS) de fourrages par jour, sans plus de précision sur la forte variabilité qualitative entre les types de fourrages. Des débats s'engagent sur l'importance relative du poids de l'animal et de celle de l'ingestion de fourrages pour définir une « Unité Animale ». Scarnecchia et Kothmann (1982) proposent alors de ne se baser que sur l'ingestion de fourrages (1 Animal Unit = 12 kg MS fourrage/jour). En Afrique, pour Upton (1993), une UGB est une vache (femelle âgée de plus de 4 ans) de 250 kg et les coefficients d'équivalence des différents types de bovins sont calculés selon le poids métabolique des animaux (1 génisse de 1 à 4 ans pesant 100 kg = 0,50 UGB ; 1 mâle entier ou castré adulte de 320 kg = 1,20 UGB). Dans les zones tropicales, une TLU est définie sur la base d'un

animal pesant 250 kg quel que soit son type, âge ou sexe ; cette définition cohabite avec celle de TCU représentée par un bovin pesant 175 kg (1 TCU = 0,70 TLU). Un poids vif forfaitaire, et donc un coefficient TLU, est attribué aux petits ruminants (25 kg soit 0,10 TLU), aux mules (175 kg soit 0,70 TLU) aux porcs (50 kg soit 0,20 TLU) ou aux volailles (2,5 kg soit 0,01 TLU) (Jahnke, 1982 ; Assouma *et al.*, 2018).

En France, l'UGB a été définie comme une unité de consommation d'énergie nette par les zootechniciens et sa définition initiale (dans les années 1960) était claire : une UGB correspondait à une vache laitière de 600 kg produisant 3 000 kg de lait et consommant 3 000 Unités Fourragères (UF Leroy, 1 UF = contenu énergétique d'un kilo d'orge (Demarquilly *et al.*, 1996)) par an. Au fil des années, selon les besoins d'analyse des systèmes de production des différents services techniques, économiques ou administratifs, la définition de l'UGB a glissé d'un niveau de consommation d'énergie, difficile à évaluer, vers un niveau de consommation standard de fourrages, défini sur la base annuelle de 4 500 kg de MS de fourrages. Cette définition « glissante » française de l'UGB a finalement été fixée et collectivement adoptée de façon empirique par la profession agricole et les Centre d'Économie Rurale (Iger-Centres-de-Gestion, 1989) : il s'agit d'une vache laitière, d'un poids vif de 600 kg, avec un niveau de production de 3 000 kg de lait par an, un niveau de besoins annuels de 3 000 UF et une consommation annuelle de fourrages de 4 500 kg de MS.

Dans la réalité, ces niveaux de consommation de fourrages (et *a fortiori* d'UF) ne sont pas disponibles car très difficiles à évaluer, en particulier pour la phase de pâturage. Par ailleurs, il ne paraît plus opportun d'estimer la valeur UGB d'un troupeau sur le niveau de consommation de fourrage lorsque la consommation de concentré peut atteindre deux tonnes par vache et par lactation, dans des systèmes de production bien référencés (Idele, 2019). Aussi, à défaut de données disponibles sur les niveaux d'ingestion des animaux, les analyses technico-économiques restent en général basées sur

l'équivalence 1 vache = 1 UGB, en particulier pour le calcul du chargement de la surface fourragère, pour des niveaux de besoins et d'utilisation de fourrages par les animaux extrêmement variables. Trois limites apparaissent lorsque le coefficient UGB est basé sur une quantité standard de matière sèche de fourrages consommée : *i*) la forte variabilité de digestibilité des fourrages et de leur part respective potentielle dans la ration ; *ii*) les apports de concentrés peuvent représenter une part très importante des besoins en énergie et en protéines des animaux à forts besoins ; *iii*) les fourrages étant destinés avant tout aux herbivores, une notion d'UGB basée sur leur consommation ne permet pas d'étendre un système d'Unité Animale aux monogastriques.

Le concept d'UGB, au-delà de son utilisation par la recherche-développement pour l'analyse des systèmes de production, est largement utilisé pour l'établissement de statistiques ou la gestion administrative comme le versement des aides publiques. Une certaine convergence de valeurs UGB pour un type d'animal donné existe entre les différents acteurs ou institution mais des différences notables peuvent cependant être relevées, en particulier pour les petits ruminants (tableau 1).

Une limite importante à l'utilisation de l'UGB dans les différents pays utilisant ce concept pour des analyses technico-économiques réside dans le fait que, pour une catégorie animale donnée, le coefficient UGB par animal est constant quel que soit son gabarit ou son niveau de production, ce qui peut biaiser les conclusions d'études zootechniques ou économiques utilisant l'UGB dans la construction d'indicateurs d'analyse des résultats. Certains auteurs ont ainsi été amenés à réaliser des corrections touchant aux variations des besoins alimentaires des animaux, dans l'analyse de systèmes d'élevage sous différents horizons temporels (Cavailhès *et al.*, 1987). Rappelons en effet que ces indicateurs visent le plus souvent à quantifier la « charge » animale sur la ferme, à l'échelle d'une campagne (12 mois), au regard d'une part, des facteurs de production mis en œuvre (qu'il s'agit de surfaces et

de ressources fourragères, de main-d'œuvre, de capital...) et, d'autre part, de la production mise en marché.

L'objectif de cet article est de proposer une méthode de calcul de l'UGB selon les données descriptives des animaux (Rothman-Ostrow *et al.*, 2020), en prenant simultanément en compte leur gabarit et leur niveau de production. Pour cela, une métrique est nécessaire et nous retenons les besoins en énergie nette des animaux. Cette proposition nous paraît essentielle pour des analyses technico-économiques précises, comparatives (entre fermes, notamment pour les fermes élevant différentes espèces animales, photo 1) ou en évolution ; en effet, le « poids » des cheptels apparaît central pour évaluer correctement tant l'efficacité des moyens de production mis en œuvre que les niveaux de production. L'UGB reste un concept indispensable dans des travaux développés à des périmètres « meso » : non pas à l'échelle d'un animal ou d'un lot d'animaux, pas plus qu'à l'échelle d'une grande région ou d'un pays, mais à l'échelle d'une ferme ou d'un groupe de fermes.

Après avoir présenté nos propositions et nos choix méthodologiques visant à être génériques c'est-à-dire appliqués dans des contextes de production variés et contrastés, nous faisons une proposition de calcul d'UGB pour les bovins, ovins et caprins à l'échelle d'un troupeau. Une analyse de sensibilité pour chaque paramètre retenu et pris indépendamment dans cette méthode de calcul nous conduit à proposer deux types d'équations selon les informations disponibles, et dont le niveau de précision sera différent. Enfin, nous discuterons la méthode retenue ainsi que les résultats d'application des deux méthodes sur des cas-types contrastés en production bovins laitiers et ovins viande.

1. Proposition méthodologique

■ 1.1. Une méthode basée sur les besoins en énergie nette des animaux

Après les premières propositions de baser la notion d'UGB sur les besoins

Tableau 1. Coefficients UGB utilisés pour différents types d'animaux des troupeaux bovins, ovins et caprins en France selon les divers instituts et utilisateurs et dans les statistiques européennes (pour une durée de présence d'un an des animaux). (EUROSTAT, 2019, IDEA, 2019).

	Recherche publique INRAE	Institut de l'Élevage	Administration aides PAC	Eurostat Statistique européenne
Vache laitière	1,0	1,0	1,0	1,0
Vache allaitante sans veau	0,86	0,85	1,00	0,80
Femelle 3-8 mois	0,32	0,25	0,00	0,40
Femelle 8-12 mois	0,39	0,40	0,60	0,40
Femelle 12-24 mois	0,60	0,60	0,60	0,70
Femelle 24-36 mois	0,80	0,80	1,00	0,80
Mâle 3-8 mois	0,32	0,25	0,00	0,40
Mâle maigre 8-12 mois	0,45	0,40	0,60	0,40
Mâle maigre 12-24 mois	0,65	0,60	0,60	0,70
Taurillon 8-12 mois	0,45	0,60	0,60	0,40
Taurillon 12-24 mois	0,80	0,80	0,60	0,70
Bœuf 8-12 mois	0,45	0,45	0,60	0,40
Bœuf 12-24 mois	0,65	0,60	0,60	0,70
Bœuf 24-36 mois	0,85	0,80	1,00	1,00
Brebis	0,14	0,15	0,15	0,1
Agnelle moins de 6 mois	0,05	0,05	-	
Agnelle de plus de 6 mois	0,07	0,07	0,15 (>1an)	
Bélier plus de 6 mois	0,10	0,15	0,15	
Agneau de boucherie (au pâturage <180 j->180 j)	0,05 (0,06 - 0,09)	0,05	-	
Chèvre	0,18	0,17	0,15	0,1
Chevrette (3 mois à un an)	0,08	0,09	0,15	
Bouc	0,18	0,17	-	

énergétiques des animaux, le niveau d'ingestion de fourrages est devenu, par facilité de mise en œuvre, l'élément central de la définition de l'UGB. Pourtant, dès les années 1950, avec la fixation d'objectifs de production

plus élevés, et en parallèle aux progrès réalisés par la sélection et l'alimentation animale, les besoins énergétiques des animaux deviennent prépondérants pour caractériser un animal, avec l'utilisation accrue de concentrés

en complément des fourrages et le développement de techniques permettant d'améliorer leur valeur (ensilages d'herbe et de maïs notamment). Passer de l'ingestion de matière sèche à l'énergie brute ingérée par les animaux

Photo 1. Bovins et ovins du troupeau INRAE Herbipôle en pâturage mixte sur le puy de Berzet (Crédit photo : Marc Benoit).



nécessite de connaître la composition des rations à l'échelle de l'année. Par ailleurs, passer de l'énergie brute à l'énergie nette renvoie à la connaissance précise des aliments, en particulier en termes de digestibilité (Demarquilly *et al.*, 1996 ; INRA, 2018). Ces éléments sont impossibles à appréhender à l'échelle des différentes périodes de l'année et des divers animaux composant le troupeau. Cela nous conduit à proposer de baser le calcul de l'UGB sur les besoins annuels totaux en énergie nette (ENT) des animaux, calculés à partir des équations utilisées par le GIEC (« Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat » (IPCC, 2019) au niveau Tier 2, c'est-à-dire à un niveau de précision élevé. Ce niveau représente un bon compromis vis-à-vis de nos objectifs : prendre en compte le stade physiologique (gestation, lactation, croissance...), le mode d'élevage (plein air, bâtiment), le gabarit et le niveau de production des animaux, tout en étant basé sur des paramètres accessibles dans des enquêtes en ferme. Il s'agit de prendre en compte tant les besoins en énergie pour l'entretien et l'activité des animaux que les besoins de production et de croissance, voire de travail. Nous pouvons par ailleurs conserver la notion d'animal standard (vache laitière proche de celle définie dans la méthode historique, avec une production de 3 000 litres de lait par

lactation), en calculant ses besoins en énergie nette totaux (ENT). Cet animal représentera une UGB et nous permettra de transformer en équivalent UGB les besoins en énergie nette issus des équations proposées pour chaque type d'animal considéré.

■ 1.2. Calcul des besoins en énergie nette des ruminants

Le GIEC, dans le cadre de l'étude du changement climatique, décrit une méthode de calcul des émissions de GES (Gaz à Effets de Serre) issus des animaux d'élevage et de leurs effluents (IPCC, 2019). Ce calcul conduit à définir les besoins énergétiques des animaux d'élevage en termes d'énergies nette et brute afin d'estimer leur ingestion de fourrages. L'approche Tier 2 nécessite de spécifier, pour un type d'animal, les facteurs zootechniques de variation de ses besoins énergétiques, en particulier son niveau de production et son poids, au travers de la notion de poids métabolique (kg de poids vif à la puissance 0,75). Utilisée dès les années 1930, cette notion est transversale et applicable à tout le règne animal (Blaxter, 1989). L'énergie du métabolisme de base (« besoins d'entretien ») est proportionnelle au poids métabolique, même si elle dépend aussi des

conditions du milieu, de l'état physiologique, etc. (Ortigues, 1991). L'autre élément majeur de la méthode proposée est la prise en compte du niveau de production de l'animal (production laitière ou gain de poids).

Le GIEC propose des équations de calcul des besoins en énergie pour les différents types de besoin des animaux, rappelés dans le [tableau 2](#). Nous ne retenons pas les besoins énergétiques pour le travail des bovins (équation 10.11), dont la traction, ni l'énergie de régulation thermique des animaux durant la saison froide (équation 10.2), ceci pour une question de disponibilité des données et/ou de pratique peu courante en Europe. Les principales variables utilisées dans ces équations sont présentées dans le [tableau 2](#).

■ 1.3. Calcul de la valeur UGB du troupeau

Les besoins énergétiques calculés selon les équations du GIEC sont exprimés en mégajoules (MJ) par jour. Le concept d'UGB est lié à une durée de présence annuelle de chaque catégorie d'animaux et donc à une consommation d'ENT annuelle. Pour les animaux présents sur l'exploitation durant toute l'année (vaches, brebis, chèvres), nous calculons la somme des besoins journaliers par sous-périodes composant la campagne annuelle, selon le stade physiologique de l'animal (tari, en production, en gestation), sa production (lait ou viande), son activité, liée au type de pâturage et au mode de logement. Pour les catégories animales présentes une fraction de l'année nous calculons les besoins en ENT sur la période en sommant les besoins journaliers. Ces besoins sont ensuite exprimés pour une durée d'un an, en les divisant par le nombre de jours de la période de présence et en multipliant par 365. Ces besoins en ENT annuels sont alors divisés par les besoins en ENT de l'animal de référence comptant pour une UGB afin d'obtenir la valeur UGB du type d'animal considéré. Les besoins en ENT ne sont pas calculés individuellement (par animal), mais pour chaque catégorie d'animaux composant le troupeau en utilisant les caractéristiques

Tableau 2. Différents types de besoins en énergie nette des animaux, équations proposées par le GIEC (IPCC) et variables nécessaires pour les calculer.

Besoins en énergie nette pour :	N° équations IPCC	Variables nécessaires
Entretien	10.3	Poids Vif
Activité	10.4 - 10.5	Poids vif - Type de pâturage : plaine, montagne, parcours – Part de l'année passée en bâtiment et à l'extérieur
Croissance	10.6 - 10.7	Poids vif, poids adulte et gain quotidien de poids
Lactation	10.8 - 10.9 - 10.10	Quantité de lait produite, taux de matières grasses et de protéines – Âge au sevrage – Taux de mise bas, prolificité et taux de mortalité des jeunes (petits ruminants) – Durée de lactation pour les bovins
Travail	10.11	Non pris en compte
Production de laine	10.12	Quantité de laine produite, pour les petits ruminants
Gestation	10.13	Poids vif et prolificité pour les petits ruminants

Les numéros d'équations IPCC correspondent aux numéros publiés dans IPCC (2019).

zootechniques moyennes du lot. La taille du troupeau en UGB est calculée en sommant les valeurs UGB des différentes catégories d'animaux, valeurs résultant elles-mêmes du produit de l'effectif moyen annuel (sur la base des effectifs mensuels, ou, mieux, journaliers) par le coefficient UGB retenu pour cette même catégorie.

■ 1.4. Animal de référence comptant pour une unité gros bétail

Nous proposons de baser les caractéristiques de l'animal de référence sur la vache laitière moyenne ayant servi de référence historique en France, soit une vache de 600 kg produisant 3 000 kg de lait à 4 % de matière grasse en une année. Nous considérons que cette vache moyenne passe la moitié de l'année en pâture et l'autre moitié en stabulation, qu'elle fait un veau par an avec une durée de lactation de 305 jours et une durée de tarissement de 60 jours, qu'elle bénéficie d'un confort thermique constant sur l'année. Cette vache se situe dans un troupeau au taux de renouvellement de 22 %, dont les primipares vêlent à 3 ans, à 95 % du poids vif adulte. Selon les équations du GIEC, une telle vache moyenne a un besoin annuel en ENT de 29 000 MJ. Nous retenons cette base pour définir une UGB.

■ 1.5. Démarche de construction des équations d'estimation du besoin en ENT

Pour des approches très fines, il est possible de reprendre systématiquement les équations du GIEC si tous les paramètres nécessaires sont disponibles, ce qui est rarement le cas. Dans un premier temps, nous avons pris en compte toutes les variables de caractérisation de l'animal nécessaires au calcul de ses besoins énergétiques (tableau 2), et *a priori* accessibles en ferme, pour les espèces bovine, ovine et caprine. Nous avons ainsi calculé l'ENT et le coefficient UGB d'un animal « moyen » dans le contexte de l'élevage européen actuel, en qualifiant cet animal de « pivot », pour chacune des trois espèces et en distinguant les productions de lait et viande pour les bovins. Dans un second temps, nous avons procédé dans chacun de ces cas à une analyse de sensibilité afin de repérer les variables influençant le plus le résultat ENT. Pour cela, des valeurs minimales et maximales sont proposées pour chaque variable, basées sur les références mises à disposition par l'Institut de l'Élevage sur l'ensemble des systèmes d'élevage de ruminants à l'échelle de la France, en prenant en compte plus particulièrement les systèmes de production

les plus extrêmes en termes de gabarit d'animaux, de niveaux de production et de mode d'élevage. Pour chaque variable, nous calculons le rapport entre la plage de variation de la valeur UGB induite par sa propre variation (entre ses valeurs minimum et maximum) et la valeur pivot retenue, le niveau de celle-ci n'ayant donc qu'une valeur indicative et n'influençant pas le résultat de l'analyse de sensibilité. Nous faisons varier une à une chacune des variables, la valeur des autres variables restant fixe. Ce processus nous permet de repérer les variables influençant le plus le résultat ENT, toutes choses égales par ailleurs. Par expertise nous pouvons ensuite déterminer les variables que nous fixons (standardisation) car ayant un plus faible impact sur ENT, ceci dans l'optique de proposer deux types d'équation (« proposition de base » ou « simplifiée ») selon le contexte et la disponibilité des données.

2. Application aux espèces bovines, ovines et caprines

Le tableau 3 présente la liste des équations que nous proposons pour le calcul des besoins en énergie nette, en fonction du type d'animal considéré et de la durée de présence.

Tableau 3. Synthèse des équations et tableaux proposés pour calculer les besoins en énergie nette des animaux, par espèce, type d'animal, période considérée selon deux niveaux de précision.

Espèce	Équation	Type d'animal	Période	Type d'équation
Bovins lait	(1)	Vache	1 an	Proposition de base
	(2)	Vache	1 an	Simplifiée
Bovins allaitant	(3)	Vache + veau de moins de 3 mois	1 an	Proposition de base
	(4)	Vache + veau de moins de 3 mois Sevrage précoce	1 an	Simplifiée
Bovins	(5) + tableaux 5 et 6	Génisses (laitières et allaitantes)	1 an	Proposition de base
	(6) + tableaux 7 et 8	Mâles, tout âge (laitiers et allaitants)	1 an	Proposition de base
Ovins	(8)	Brebis + agneaux avant sevrage (laitières et allaitantes)	1 an	Proposition de base
	(9)	Agneaux après sevrage	1 an	Proposition de base
	(10)	Bélier	1 an	Proposition de base
	(11)	Brebis + agneaux avant sevrage	1 an	Simplifiée
	(12)	Agneaux après sevrage	1 an	Simplifiée
	(13)	Brebis + agneaux + béliers	1 an	Simplifiée
	(14)	Agneaux à l'engraissement	Engrais ^t	Proposition de base
	Tableau 9	Agneaux à l'engraissement	Engrais ^t et 1 an	Simplifiée
Caprins	(15)	Chèvres et chevrettes	1 an	Proposition de base
	(16)	Chèvres et chevrettes	1 an	Simplifiée
	(17)	Bouc	1 an	Proposition de base
	(18)	Chèvres, chevrettes et boucs	1 an	Simplifiée
	(19)	Chevreux à l'engraissement	Engrais ^t	Proposition de base
	Tableau 10	Chevreux à l'engraissement	Engrais ^t et 1an	Simplifiée

■ 2.1. Bovins

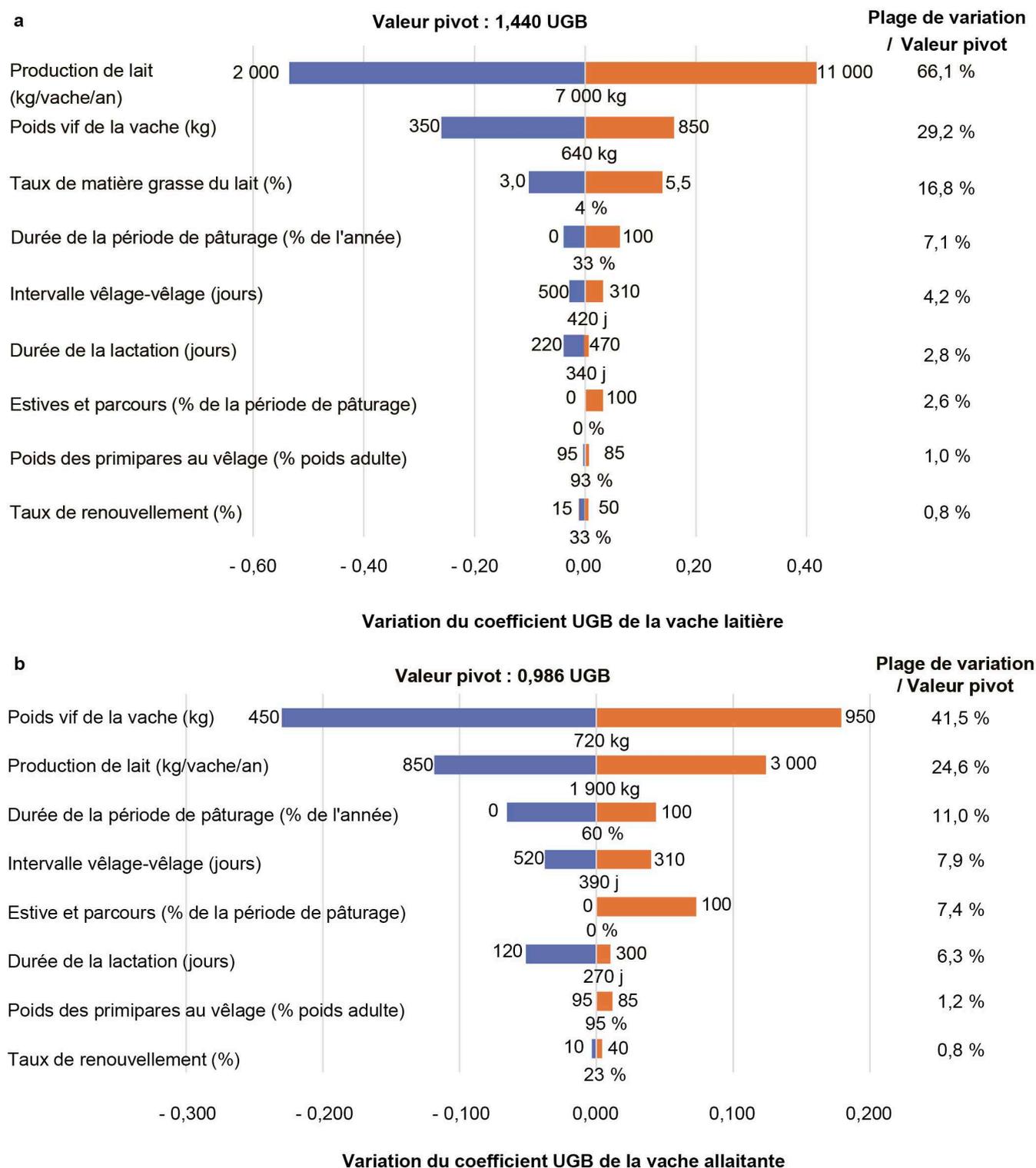
a. Vaches laitières

Une vache laitière française « moyenne » a été retenue (Idele, 2020a), pesant 640 kg, produisant 7 000 kg de lait par lactation de 340 jours à 4 % de matière grasse, pâturant 4 mois par an, ayant un intervalle vêlage-vêlage de 420 jours, et une période de tarissements de 65 jours

(Idele, 2020a) ; ce cycle de production étant supérieur à un an, les besoins en ENt seront ramenés à une période de 365 jours (cf. infra). Cette vache se situe dans un troupeau dont le taux de renouvellement est de 33 % et les primipares vêlent à 30 mois (à 93 % du poids vif adulte). Une telle vache a un besoin en ENt de 41 800 MJ par an (51 % pour la lactation, 42 % pour son entretien, 4 %

pour sa gestation, 2 % pour son activité et 1 % pour sa croissance), ce qui correspond à 1,44 UGB (41 800/29 000). Cette valeur est appelée « valeur pivot ». Une production de 7 000 kg de lait par vache et par an correspondant à la production moyenne des vaches laitières européennes (de 5 900 kg/vache/an en Irlande à 9 900 kg/vache/an au Danemark), la moyenne mondiale du

Figure 1. Variations des coefficient UGB de la vache laitière (a) et de la vache allaitante (b) engendrées par celles des variables entrant dans le calcul des besoins en énergie nette entre les valeurs minimales et maximales retenues.



Variables classées par ordre décroissant d'impact sur la valeur UGB pivot définie pour un animal moyen dont les caractéristiques sont précisées en tant que valeur centrale de chaque variable (par exemple, production de lait de 7 000 litres par vache laitière).

rendement laitier des vaches étant de 2 500 kg par an (de 1 500 kg/vache/an en Inde à 10 600 kg/vache/an aux États-Unis). La plage de variation des valeurs de chaque variable prise en compte

pour calculer ENT est déterminée selon des réalités observables en France (Idele, 2020c). La figure 1a montre l'incidence sur la valeur UGB, autour de la valeur « pivot », des valeurs minimum

et maximum de chaque variable considérée. Il apparaît que la quantité de lait produite et le poids des vaches sont les deux variables influençant le plus la valeur UGB. Viennent ensuite le taux

de matière grasse du lait puis la durée de la période de pâturage. Les autres variables (intervalle vêlage-vêlage, durée de lactation, poids des primipares au vêlage et taux de renouvellement) influent sur les besoins en ENt.

Nous proposons de retenir les quatre variables qui ont le plus de poids dans l'analyse de sensibilité (production laitière, poids vif, taux de matière grasse du lait et durée de la période de pâturage) auxquelles nous ajoutons le temps de pâturage sur parcours qui se combine avec la durée de la période de pâture. Pour ramener le calcul à une durée de présence d'un an, nous fixons à 81 % le temps de présence de la vache en lactation (340 jours de lactation pour un intervalle vêlage-vêlage de 420 jours) et donc 19 % de son temps de présence tarie, et 0,87 gestation par vache et par an (420 jours d'intervalle vêlage-vêlage). Cela nous permet de proposer l'équation suivante pour les besoins annuels en ENt d'une vache laitière :

$$(1) \text{ BesENt_VL} = (\text{DP} \times (22,7 + 25,4 \times \text{PP}) + 148,3) \times \text{PV}^{0,75} + (1,47 + 0,40 \times \text{MG}) \times \text{QL}$$

Où : DP = durée de la période de pâturage exprimée en part de temps annuel (de 0 à 1), PP = part du temps de pâture passé sur des parcours ou sur de grands espaces de montagne (de 0 à 1), PV = poids vif de la vache en kg, MG = taux de matière grasse du lait en %, QL = quantité de lait produite par vache en kg par an.

Les variables PV et QL sont relativement aisées à recueillir par enquête ou consultation de bases de données techniques. Si la variable MG n'est pas accessible, nous proposons de la fixer à 4 % ; si la durée de la période de pâture est inconnue, nous proposons de fixer un temps de présence en pâture et en stabulation de 33 et 67 % de l'année, respectivement. Ainsi, l'équation simplifiée (2) ne prend en compte que les deux variables qui ont le plus de poids (PV et QL) et qui sont également les plus accessibles.

$$(2) \text{ BesENt_VL (MJ/an)} = 156 \times \text{PV}^{0,75} + 3,07 \times \text{QL}$$

b. Vaches allaitantes

Comme pour les vaches laitières, nous déterminons un animal moyen, calculons ses besoins annuels en ENt et réalisons une analyse de sensibilité. L'animal moyen est une vache allaitante française (la France détient un tiers du cheptel européen de vaches allaitantes) de 720 kg qui produit 1 900 litres de lait (Sepchat *et al.*, 2017) bus par son veau durant 270 jours. Son intervalle vêlage-vêlage est de 390 jours (Idele, 2020d), sa période de tarissements est de 120 jours. Peu de références existent sur le taux de matière grasse du lait des vaches allaitantes, que nous fixons à 45 g par kg de lait (Sepchat *et al.*, 2017). L'élevage allaitant étant principalement herbager, cette vache pâture 7 mois par an. Elle se situe dans un troupeau dont le taux de renouvellement est de 23 %, les primipares vêlant à 36 mois (à 95 % du poids vif adulte). Elle a ainsi un besoin en ENt de 28 600 MJ par an (65 % pour son entretien, 21 % pour la lactation, 7 % pour son activité, 6 % pour sa gestation et 1 % pour sa croissance), ce qui correspond à 0,99 UGB (28 600/29 000). Le poids vif des vaches et leur production laitière sont les facteurs les plus importants (figure 1b) du calcul de l'ENt. Les besoins d'énergie liés à l'activité de la vache allaitante sont relativement plus importants (7 % de l'ENt) que ceux de la vache laitière et ils sont influencés par la durée de la période de pâturage et la nature de pâturage (paddock, parcours, larges espaces de montagne). Nous proposons ainsi de retenir les trois variables qui ont le plus de poids dans l'analyse de sensibilité (figure 1b) : poids vif, production de lait et durée de la période de pâturage pour le calcul des besoins en ENt d'une vache allaitante (équation (3)), auxquelles nous ajoutons la variable temps de pâturage sur parcours qui se combine avec la variable durée de la période de pâture. Pour ramener le calcul à une durée de présence d'un an, nous fixons le temps de présence de la vache en lactation à 69 % (270 jours de lactation pour un intervalle vêlage-vêlage de 390 jours) et le nombre de gestation par vache et par an à 0,94 (390 jours d'intervalle vêlage-vêlage).

$$(3) \text{ BesENt_VA (MJ/an)} = (\text{DP} \times (22,7 + 25,4 \times \text{PP}) + 146,2) \times \text{PV}^{0,75} + 3,27 \times \text{QL}$$

Où : DP = durée de la période de pâturage exprimée en part de temps annuel (de 0 à 1), PP = part du temps de pâture passée sur des parcours ou sur de grands espaces de montagne (de 0 à 1), PV = poids vif de la vache en kg, QL = production laitière de la vache en kg/an.

La production laitière est difficile à estimer pour les vaches allaitantes. Elle peut être approchée en estimant qu'un veau boit en moyenne 6 à 8 litres de lait par jour sur sa durée d'allaitement (Sepchat *et al.*, 2017). En connaissant la durée moyenne d'allaitement des veaux au pis (qui correspond généralement à l'âge au sevrage du veau, sauf dans certains cas où les veaux sont séparés des mères et alimentés avec du lait reconstitué alors que les vaches sont taries), nous pouvons estimer la production laitière totale de la vache (QL = lait bu par les veaux en litres par jour x durée d'allaitement au pis en jours). Nous estimons également la durée de la période de pâturage en la fixant à 60 % du temps de présence annuel. Ainsi, nous proposons l'équation simplifiée (4) :

$$(4) \text{ BesENt_VA (MJ/an)} = 160 \times \text{PV}^{0,75} + 25 \times \text{All}$$

Où : PV = poids vif de la vache en kg, All = durée d'allaitement des veaux au pis de leur mère en jours.

c. Génisses d'élevage et engraisées

Les génisses d'élevage sont des animaux en croissance destinés au renouvellement du troupeau et vêlant entre deux et trois ans d'âge. Leurs besoins en ENt sont la somme de leurs besoins d'entretien, d'activité, de croissance et de gestation. Ils dépendent du poids vif de l'animal et du gain de poids journalier, ce qui conduit à définir des périodes de vie clé pour lesquelles seront calculés les besoins en ENt. Chaque période est caractérisée par des poids vifs de début et fin, et donc un gain de poids moyen de l'animal considéré, objectif fixé par l'éleveur pour atteindre un poids suffisant au moment du vêlage. Les besoins de croissance dépendent de l'âge au vêlage, l'objectif étant en général d'atteindre alors 85 à 95 % du poids de la vache adulte. Dès leur

Tableau 4. Objectifs de poids vif des génisses d'élevage laitières et allaitantes en pourcentage du poids de la vache adulte à différents âges type et en fonction de l'âge au vêlage.

Génisses laitières	Âges types	3 mois	6 mois	12 mois	24 mois	30 mois	36 mois
	Vêlage 2 ans	15	30	50	85	-	-
	Vêlage 30 mois			43	78	93	-
	Vêlage 3 ans			43	70	-	95
Génisses allaitantes	Âges types	3 mois	8 mois	12 mois	24 mois	30 mois	36 mois
	Vêlage 2 ans	20	45	58	85	-	-
	Vêlage 30 mois	20	43	51	81	93	-
	Vêlage 3 ans	20	40	51	75	-	95

deuxième semaine, les veaux femelles du troupeau laitier reçoivent des fourrages et concentrés en plus du lait qui est souvent reconstitué à base de poudre intégrant une part importante de protéines végétales ; de la naissance à trois mois nous considérons que les besoins en ENt des génisses laitières sont couverts en moyenne à 50 % par des aliments non lactés. Ces génisses laitières sont sevrées entre 2 et 3 mois ; à partir de trois mois, leurs besoins énergétiques sont satisfaits à 100 % par des aliments solides (fourrages et concentrés). Les génisses des systèmes bovins allaitant sont sevrées entre 4 et 9 mois. En général, elles ne consomment ni fourrage ni aliment concentré de 0 à 3 mois et comptent donc pour 0 UGB sur cette période. À trois mois, 20 à 30 % des besoins de ces génisses sont couverts par des aliments hors lait maternel (Idele, 2014b). Nous considérons donc que sur la période de 3 à 8 mois leurs besoins en ENt sont couverts à 60 % en moyenne par des fourrages et concentrés. Le [tableau 4](#) fixe les objectifs de poids en pourcentage du poids de la vache adulte pour différents âges-type de la génisse.

Dans toutes les équations de calcul des besoins en énergie, le poids vif des génisses peut être exprimé en fonction du poids vif de la vache adulte. Par exemple, le poids vif moyen d'une génisse laitière de 1 à 2 ans vêlant à 3 ans sera d'après le [tableau 4](#) : $(0,43 \times PV_v + 0,70 \times PV_v)/2$, avec PV_v le poids vif de

la vache adulte. Le gain de poids entre 1 an et 2 ans de cette même génisse sera : $0,70 \times PV_v - 0,43 \times PV_v$. La seule variable de poids vif utilisée dans les équations 10.3 et 10.6 du GIEC est alors le poids vif de la vache adulte. Nous considérons que toutes les génisses passent la moitié de l'année en pâture et l'autre moitié en stabulation, sauf les génisses laitières qui restent en bâtiment jusqu'à six mois. Les besoins de gestation sont comptabilisés sur les 9 derniers mois avant vêlage. En combinant les équations 10.3, 10.4, 10.6 et 10.13 du GIEC, nous obtenons l'équation (5) des besoins en ENt d'une génisse d'élevage exprimés uniquement en fonction du poids de la vache adulte :

$$(5) \text{ Bes}_{\text{ENT_G}} (\text{MJ/an}) = a \times PV_v^{0,75} + b \times PV_v^{1,097}$$

Où a et b sont des coefficients dépendant de l'âge au vêlage de la génisse et de la période de vie ([tableau 5](#)), et PV_v est le poids vif de la vache adulte en kg.

Les génisses allaitantes destinées à la boucherie sont conduites avec les génisses d'élevage, sauf sur leur trois à quatre derniers mois où elles reçoivent une ration d'engraissement. Sur cette dernière période, les besoins en ENt peuvent également être exprimés en fonction du poids de la vache adultes (objectif de poids vif de la génisse à l'abattage : de 90 à 105 % du poids vif de la vache adulte) avec les coefficients a et b donnés dans le [tableau 6](#).

Pour les périodes d'élevage, se référer aux coefficients des génisses d'élevage vêlant à 24 mois, 30 mois, 36 mois respectivement pour les génisses de boucherie de moins de 24 mois, de 30 mois et de 36 mois.

d. Mâles

Il existe une grande diversité de type de mâles produits, selon qu'ils sont castrés (boeufs) ou non (broutards, tauraux, taurillons ou jeunes bovins), leur âge à la vente (de deux semaines pour les veaux laitiers à plus de 3 ans pour certains boeufs), leur poids à la vente et donc leur gain de poids quotidien (de moins de 300 g à plus de 1 800 g par jour). Pour les catégories d'animaux à forte croissance (broutards alourdis, taurillons), les itinéraires de production sont relativement standardisés : les objectifs de croissance et les âges à la vente sont peu différents selon les pays, systèmes et races de vache (Office de l'élevage, 2008 ; Idele, 2010 ; Pesonen *et al.*, 2013 ; Murphy *et al.*, 2018). Qu'ils soient issus de vaches de races pures (Charolaise, Limousine, Angus, Blanc Bleu Belge, Hereford...) ou de croisements avec des races laitières, ces taurillons sont vendus entre 15 et 20 mois avec des gains moyens quotidiens du sevrage à la vente de 1 100 à 1 500 g.

Pour les catégories d'animaux à moindre vitesse de croissance (boeufs, mâles maigres), les types d'animaux sont relativement diversifiés : dans les plaines herbagères d'Amérique du Sud, ces mâles

Tableau 5. Valeurs des coefficients a et b pour le calcul des besoins en énergie nette totale d'une génisse d'élevage, en fonction de son âge au vêlage et de la durée de la période de vie.

	Périodes de vie		0-3 mois	3-6 mois	6-12 mois	12-24 mois	24-30 mois	24-36 mois
	Génisses laitières	Vêlage 2 ans	a			64,14	103,72	-
b					2,71	3,46	-	-
Vêlage 30 mois		a	11,76	41,66	59,88	95,54	123,83	-
		b	0,44	2,75	1,57	3,19	3,50	-
Vêlage 3 ans		a			59,88	83,10	-	120,56
		b			1,57	2,28	-	2,78
	Périodes de vie		0-3 mois	3-8 mois	8-12 mois	12-24 mois	24-30 mois	24-36 mois
	Génisses allaitantes	Vêlage 2 ans	a		32,93	77,52	108,29	-
b				2,17	3,17	2,72	-	-
Vêlage 30 mois		a	0	32,17	72,39	101,98	125,46	-
		b	0	1,93	1,74	2,87	2,77	-
Vêlage 3 ans		a		31,01	70,65	90,17	-	123,29
		b		1,60	2,40	2,17	-	2,22

Tableau 6. Valeurs des coefficients a et b pour le calcul des besoins en énergie nette totale d'une génisse de boucherie durant sa période d'engraissement.

	Génisse < 24 mois 12-24 mois	Génisse de 30 mois 24-30 mois	Génisse > 30 mois 24-36 mois
a	104,31	117,34	117,83
b	4,04	4,13	3,62

ont des croissances faibles (300 à 500 g par jour) et sont abattus relativement légers, entre 350 et 500 kg (Pravia *et al.*, 2014 ; Lampert *et al.*, 2020) ; dans les régions herbagères européennes les bœufs produits disposent d'herbe en quantité et qualité suffisante pour permettre de meilleures croissances et sont abattus plus lourds, de 650 à plus de 850 kg (Réseaux d'élevage, 2005 ; Drennan et McGee, 2009 ; Taylor *et al.*, 2018).

Comme pour les génisses, le poids vif des mâles peut être exprimé en fonction du poids vif du mâle adulte (tableau 7) dans toutes les équations

de calcul des besoins en énergie. Le poids du mâle adulte est une donnée non disponible sur les exploitations, les mâles étant généralement vendus avant l'âge adulte. Nous pouvons estimer ce poids relativement à celui des vaches, en considérant qu'un bovin mâle adulte pèse 40 et 50 % de plus qu'une vache respectivement pour les races allaitantes et laitières. Nous obtenons l'équation (6) des besoins en ENT d'un mâle, exprimés uniquement en fonction du poids du mâle adulte :

$$(6) \text{ BesENT_M (MJ/an) } = a \times \text{PV}_m^{0,75} + b \times \text{PV}_m^{1,097}$$

Où a et b sont des coefficients dépendant du type de mâle produit et de la période de vie (tableau 8), et PV_m est le poids vif du mâle adulte en kg.

■ 2.2. Ovins

Notre objectif est de calculer la valeur UGB des différents types d'animaux constituant le troupeau ovin (brebis, agneaux, bélier) mais aussi d'une brebis suitée *i.e.* avec ses agneaux, son renouvellement et la quote-part de bélier associé. En effet, les données les plus facilement accessibles dans des enquêtes en fermes sont le nombre global de femelles reproductrices, le taux de renouvellement ainsi que la productivité numérique (nombre d'agneaux vivants par brebis et par an).

La productivité numérique est une variable déterminante des performances techniques et économiques globales des fermes ovines et le plus souvent recherchée dans les enquêtes (Benoit *et al.*, 2019), et donc en général

Tableau 7. Objectifs de poids vif des mâles de races laitières et allaitantes en pourcentage du poids du mâle adulte à différents âges type et en fonction du type de mâle produit.

Mâles races allaitantes	Âges type	3 mois	8 mois	12 mois	20 mois	24 mois	30 mois	36 mois	44 mois
	Maigre (broutards, reproducteurs)	14	30	41	-	60	72	83	100
	Taurillons gras < 24 mois	14	33	48	80	-	-	-	-
	Bœufs < 30 mois	13	30	40	-	62	73	83	95
	Bœufs > 30 mois					65	80	-	-
Mâles races laitières (et croisés)	Âges types	3 mois	6 mois	12 mois		24 mois	30 mois	36 mois	
	Veau Boucherie < 8 mois	14	25	33 (8 mois)	-	-	-	-	-
	Maigre (reproducteurs)	15	25	40		60	72	83	100
	Taurillons gras < 24 mois	16	27	50	82	-	-	-	-
	Bœufs	13	23	36	-	54	-	76	90

Tableau 8. Valeurs des coefficients a et b pour le calcul des besoins en énergie nette totale d'un mâle, en fonction de son type et de la durée de la période de vie.

Mâle races allaitantes	Périodes de vie		0-3 mois	3-8 mois	8-12 mois	12-24 mois	24-30 mois	24-36 mois	36-44 mois
	Maigre (broutards, reproducteurs)	a		28,24	67,39	87,78	-	113,93	137,09
		b		0,73	1,47	1,05	-	1,68	2,27
	Taurillons gras < 24 mois	a	0	29,67	68,56	96,63	-	-	-
		b	0	0,93	2,28	3,47	-	-	-
	Bœufs > 30 mois	a		24,16	58,03	76,96	94,96	105,84	116,85
		b		0,88	1,50	1,42	1,75	1,77	1,74
	Bœufs < 30 mois	a		24,16	58,03	78,65	100,19	-	-
		b		0,88	1,50	1,67	2,60	-	-
Mâles races laitières (et croisés)	Périodes de vie		0-3 mois	3-6 mois	6-12 mois	12-24 mois	24-36 mois	36-44 mois	
	Veau boucherie < 8 mois	a	11,55	19,81	26,68	-	-	-	
		b	0,30	0,65	0,95	-	-	-	
	Maigre (reproducteurs)	a	12,01	40,39	63,07	87,13	113,93	137,09	
		b	0,35	1,19	1,24	1,10	1,68	2,27	
	Taurillons gras < 24 mois	a	12,46	42,64	66,01	98,89	-	-	
		b	0,41	1,39	2,25	3,55	-	-	
	Bœufs	a	9,45	32,48	51,04	70,06	92,31	110,89	
		b	0,61	1,26	1,13	1,04	1,71	1,95	

disponible ou estimable. La productivité numérique se calcule comme suit (Benoit *et al.*, 2020) :

$$(7) \text{ Productivité Numérique (PN) = TMB} \times \text{Prol} \times (1 - \text{Mortalité}_{\text{Agx}})$$

Où TMB est le taux de mise bas moyen annuel du troupeau (nombre d'agneaux par brebis et par an), Prol est la prolificité moyenne annuelle du troupeau (nombre d'agneaux nés par agnelage) et Mortalité_{Agx} est le pourcentage d'agneaux morts parmi les agneaux nés. Le fait d'inclure la variable PN dans nos équations reviendra donc à prendre aussi en compte la variable Mortalité_{Agx}.

Le poids de la portée à la naissance intervient dans les besoins de lactation de la brebis. Or, ce poids est dépendant du poids de la brebis et de la prolificité. Selon Thériez (1991), nous intégrons dans notre modèle d'une part, une relation entre le poids de la brebis et le poids d'un agneau né simple (équation (a)) et, d'autre part, une relation entre le poids d'un agneau né double et un agneau né simple (équation (b)), enfin, une relation entre le poids d'un agneau double et celui d'un agneau triple (équation (c)) :

$$(a) \text{ PV1} = 0,00559 \times \text{PvB} + 1,0377$$

$$(b) \text{ PV2} = \text{PV1} \times (1,7642 - 4,367 \times \text{PV1} \times \text{PvB}^{0,75})$$

$$(c) \text{ PV3} = 0,846 \times \text{PV2}$$

Où PvB est le poids de la brebis ; PV1, PV2, PV3, le poids de naissance des agneaux simples, doubles et triples, respectivement.

Les équations (d), (e) et (f), établies sur une large base de données de mises bas (avec des prolificités variant de 110 et 230 %) donnent les proportions des agneaux nés simples, doubles ou triples selon le niveau de prolificité de la mère. En considérant ensuite que les mortalités des agneaux doubles et triples sont majorées respectivement de 50 et 150 % par rapport à celle des agneaux nés simples, nous pouvons *in fine* estimer le poids moyen des agneaux nés et allaités. Ce dernier nous permet de calculer la production de lait de la brebis

pour la croissance de ses agneaux, de la naissance au sevrage (*via* la variable « Prol », équation (8)), selon l'équivalence de cinq litres de lait pour un kg de gain de poids (IPPC, 2019) :

$$(d) \% \text{ agneaux}_{\text{nés_simples}} = 0,003 \times \text{Prol}^2 - 1,7147 \times \text{Prol} + 241,2$$

$$(e) \% \text{ agneaux}_{\text{nés_doubles}} = -0,0057 \times \text{Prol}^2 + 2,2979 \times \text{Prol} - 172,8$$

$$(f) \% \text{ agneaux}_{\text{nés_triples}} = 100 - (d) - (e)$$

Pour calculer la valeur UGB du troupeau, nous proposons, pour les ovins et les caprins, de considérer toutes les femelles à partir d'un an d'âge comme constituant le troupeau de femelles reproductrices. En effet, théoriquement, il serait nécessaire de distinguer les agnelles (ou chevrettes, pour les caprins) entre un an et l'âge de leur mise bas, avec des coefficients UGB spécifiques. Cependant, il n'y a en général pas de suivi individuel des animaux permettant cela mais surtout, les besoins en énergie nette d'une agnelle en gestation additionnés à ses besoins de croissance sont globalement peu différents de ceux d'une brebis (avec des phases de gestation, lactation et tarissement). La catégorie « agnelle » est donc considérée pour le calcul de sa valeur UGB depuis son sevrage jusqu'à un an d'âge. Cette valeur est ensuite intégrée à la « brebis suivie ». La démarche sera identique pour les caprins.

Nous proposons l'équation (8) pour le calcul des besoins énergétiques annuels d'une brebis et de ses agneaux jusqu'au sevrage, l'équation (9) concernant l'ensemble de ses agneaux, du sevrage à la vente ou à un an pour les agnelles de renouvellement, et l'équation (10) pour le bélier :

$$(8) \text{ BesENT}_{\text{brebis}} (\text{MJ/an}) = \text{PV}^{0,75} \times 79,21 \times [\text{TMB} \times (\text{Prol} \times 0,049 + 0,028) + 1] + 4,92 \times \text{PV} + 4,6 \times \text{TMB} \times \text{QL} + 23 \times (\text{PS} - 4,41) \times \text{PN} + 60$$

$$(9) \text{ BesENT}_{\text{Agneaux}} (\text{MJ/an}) = ((\text{PV} - 23) \times [\text{GMQ} \times (0,196 \times \text{PV} + 6,83) + 0,0044 \times \text{PV} + 0,1464] \times (\text{PV} + 23)^{0,75} + 0,1) / \text{GMQ} + 10) \times (\text{PN} \times (1 - \% \text{VS}) - 0,2) + 329$$

$$(10) \text{ BesENT}_{\text{Bélier}} (\text{MJ/an}) = 91,1 \times \text{PV}^{0,75} + 4,9 \times \text{PV} + 60$$

Où PV est le poids vif moyen de l'animal considéré (kg) ; pour les béliers, si le poids vif n'est pas connu, nous l'estimons à 1,4 fois le poids de la brebis. TMB est le taux de mise bas (Nombre de mise bas par brebis et par an), Prol la prolificité (nombre d'agneau par mise bas), QL la quantité de lait trait (litres) par brebis laitière et par an, PN la productivité numérique calculée selon l'équation (7), PS le poids au sevrage des agneaux (kg) et %VS la proportion des agneaux vendus au sevrage. GMQ est le gain moyen quotidien (croissance, en kg/jour). Cette dernière variable (Cf équation (9)) permet en outre de prendre en partie en compte le mode d'engraissement des agneaux (Agneaux d'herbe ou de bergerie), ces deux variables étant en partie corrélées.

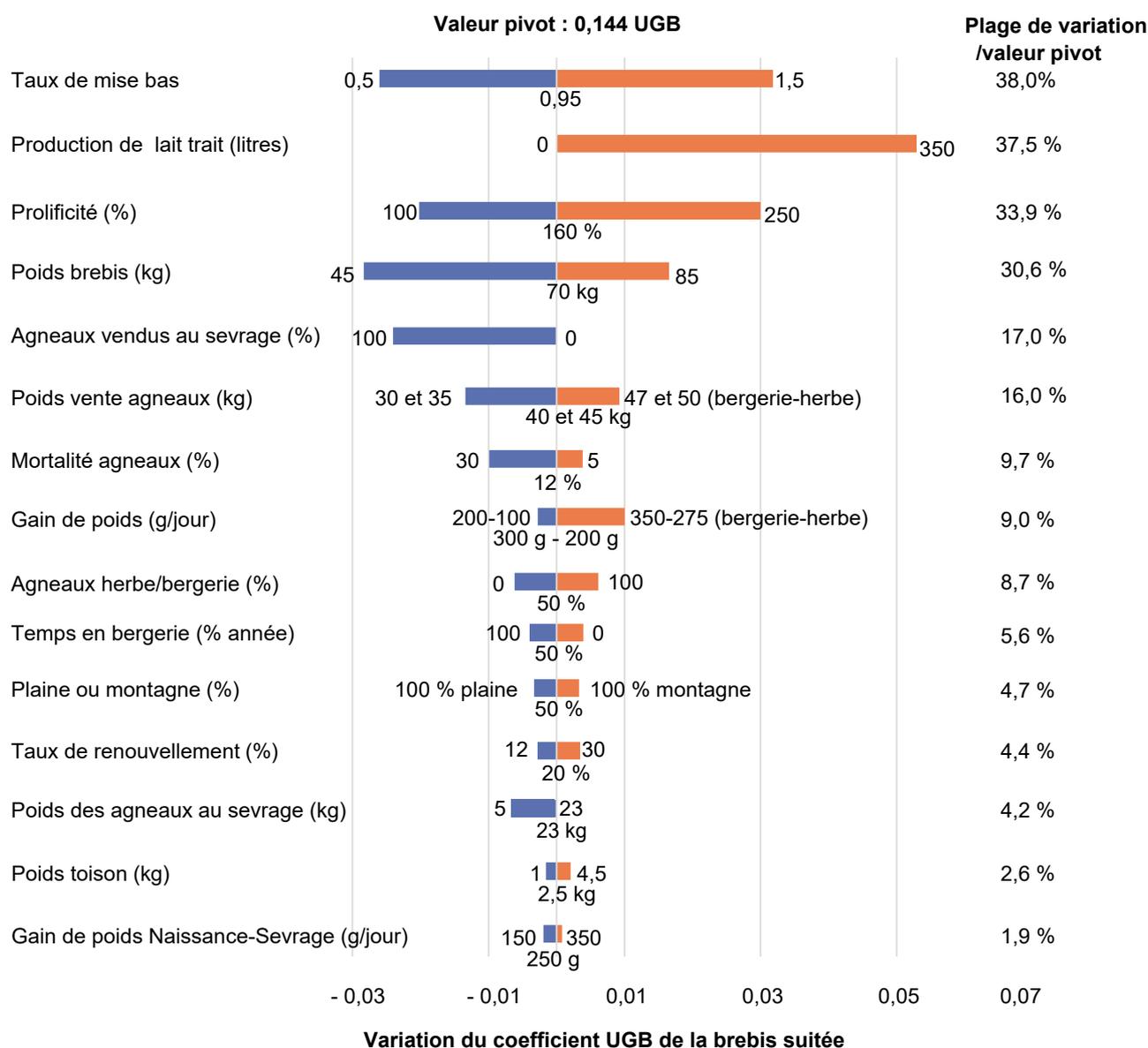
Le calcul des besoins en ENT du troupeau sera réalisé en *i*) additionnant le résultat des équations (8) et (9), *ii*) multipliant ce résultat par l'effectif moyen annuel de brebis du troupeau, *iii*) additionnant à cela le résultat de l'équation (10) multiplié par le nombre moyen de béliers. La division par 29 000 du résultat final donnera la valeur UGB du troupeau complet.

Dans l'objectif de proposer une équation simplifiée pour le calcul de la valeur UGB de la brebis (équation (11)), nous prenons en compte trois variables fondamentales : *i*) le poids vif de la brebis, *ii*) la quantité de lait trait par brebis, et *iii*) la productivité numérique qui combine le taux de mise bas, la prolificité et la mortalité des agneaux. Les autres variables sont fixées sur la base des caractéristiques de l'animal pivot présenté en [figure 2](#) :

$$(11) \text{ BesENT}_{\text{brebis}} (\text{MJ/an}) = 87,2 \times \text{PV}^{0,75} + 4,92 \times \text{PV} + 4,37 \times \text{QL} + 427,6 \times \text{PN} + 60$$

Pour l'équation UGB simplifiée (12) concernant les agneaux après sevrage (produits par une brebis), nous fixons les variables PV et GMQ (voir valeurs pivot en [figure 2](#)) pour ne conserver que les variables PN (productivité numérique) et %VS (proportion des agneaux

Figure 2. Variations du coefficient UGB de la brebis laitière ou allaitante suitée engendrées par celles des variables entrant dans le calcul des besoins en énergie nette entre les valeurs minimales et maximales retenues.



Variables classées par ordre décroissant d'impact sur la valeur UGB pivot définie pour un animal moyen dont les caractéristiques sont précisées en tant que valeur centrale de chaque variable (par exemple, taux de mise bas de 0,95).

vendus au sevrage et donc non engraisés sur la ferme) :

$$(12) \text{ BesEnt_ Agneaux (MJ/an)} = 365,7 \times \text{PN} \times (1 - \% \text{VS}) + 256$$

Comme annoncé, nous proposons également une équation pour la « brebis suitée », équation a priori facile à mettre en œuvre dans la plupart des élevages. La **figure 2** présente l'analyse de sensibilité pour une telle brebis, la « brebis pivot » correspondant à un animal plutôt productif. Il s'agit d'une brebis allaitante (pas de lait commercialisé) suitée, *i.e* avec ses agneaux jusqu'à leur vente

(ou un an, pour les agnelles gardées). Néanmoins, cette équation à l'intérêt de pouvoir s'appliquer à des troupeaux mixtes vendant du lait mais aussi des agneaux engraisés, par exemple dans de nombreux pays méditerranéens. La **figure 2** présente une hiérarchisation des variables prises en compte dans le calcul des besoins en ENt selon la plage de variation de la valeur UGB qu'elles génèrent. Nous prenons en considération les cinq premières variables pour construire l'équation simplifiée (13) : taux de mise bas, production laitière, prolificité, poids vif de la brebis, % d'agneaux vendus au sevrage. La

variable « Mortalité agneaux » (plage de variation de 9,7 %) est en fait retenue via la Productivité Numérique, en association aux variables Taux de mise bas et Prolificité. L'équation (13) compte ainsi *in fine* quatre paramètres. L'incidence de la variable Poids au sevrage, se limite à 4,2 % car, ici, s'il y a sevrage précoce, le besoin de croissance de l'agneau est reporté sur sa consommation de concentré et de fourrage. Cette variable a cependant été prise en compte dans l'équation (8) pour la brebis seule où cet effet de compensation ne peut pas exister, sachant qu'il existe par ailleurs une très forte corrélation entre les variables

Poids au sevrage et % Agneaux vendus au sevrage pour les systèmes laitiers spécialisés, avec sevrage précoce (poids léger des agneaux) et vente simultanée de tous les agneaux sauf les agnelles de renouvellement. L'équation (8) est ainsi bien adaptée aux systèmes laitiers spécialisés.

Nous proposons ainsi l'équation (13) pour la brebis suivée (brebis plus agneaux plus béliers), considérant la présence d'un bélier pour 40 brebis et le poids vif du bélier 40 % plus élevé que celui de la brebis :

$$(13) \text{ BesENT_brebis_suivée (MJ/an)} = 90,3 \times \text{PV}^{0,75} + 5,1 \times \text{PV} + 4,37 \times \text{QL} + \text{PN} \times (365,1 \times (1 - \% \text{VS}) + 427,6) + 317$$

Où PV est le poids de la brebis, QL la quantité de lait traité, PN la productivité numérique, %VS la proportion des agneaux vendus au sevrage.

Pour obtenir la valeur UGB du troupeau, la valeur BesENT_brebis_suivée doit être divisée par 29 000 et multipliée par le nombre moyen de brebis de plus d'un an du troupeau.

Bien que nous ayons proposé une équation globale incluant les agneaux engraisés sur la ferme, nous proposons ci-après des éléments pour des situations où des agneaux seraient achetés pour être engraisés sur la ferme. Le calcul de leur valeur UGB prend en compte les besoins d'entretien, d'acti-

tivité et de croissance (respectivement les équations 10.3, 10.5 et 10.7, IPCC, 2019). L'équation (14) propose le calcul des besoins ENT d'un agneau sur sa période sevrage-vente :

$$(14) \text{ BesENT_Agneau (MJ/Tête)} = (\text{PV} - \text{PD}) \times (0,5 \times (0,393 \times \text{GMQ} + 0,0138) \times (\text{PV} + \text{PD}) + 0,1403 \times (\text{PV} + \text{PD})^{0,75} + 2,775 \times \text{GMQ}) / \text{GMQ}$$

Où PV est le poids de vente, PD est le poids au sevrage (ou d'achat), GMQ est le gain moyen de poids quotidien (kg/j).

Nous proposons quelques chiffrages pour des types d'agneaux standards et contrastés en termes de poids et de mode d'engraissement (tableau 9). Comme la durée de présence de ces agneaux est généralement inférieure à un an, nous calculons également le coefficient UGB sur la base d'une présence sur 365 jours.

■ 2.3. Caprins

Selon la même démarche que pour les ovins, nous hiérarchisons les variables prises en compte dans le calcul des besoins en énergie nette des caprins (figure 3). Dans la mesure où les chevreaux sont le plus souvent engraisés dans un atelier séparé, nous isolons le calcul de l'UGB cheveau après sevrage de celui de sa mère, en prenant en compte la période sevrage-vente. La valeur UGB des chevrettes de renouvellement est intégrée à la valeur UGB des chèvres. Trois variables font

varier de plus de 10 % la valeur pivot lorsqu'elles varient entre les valeurs minimales et maximales retenues (figure 3).

Nous intégrons ces trois variables dans l'équation de calcul de l'ENT (MJ/an) pour les chèvres :

$$(15) \text{ BesENT_Chèvre (MJ/an)} = (115,0 + 12,23 \times \text{TMB}) \times \text{PV}^{0,75} + (3,0 \times \text{QL} + 234) \times \text{TMB} + 4,6 \times \text{PV} + 431$$

Où TMB est le taux de mise bas (nombre de mise bas par chèvre et par an), PV le poids vif moyen et QL la quantité de lait produite par chèvre et par an (y compris le lait bu par les chevreaux).

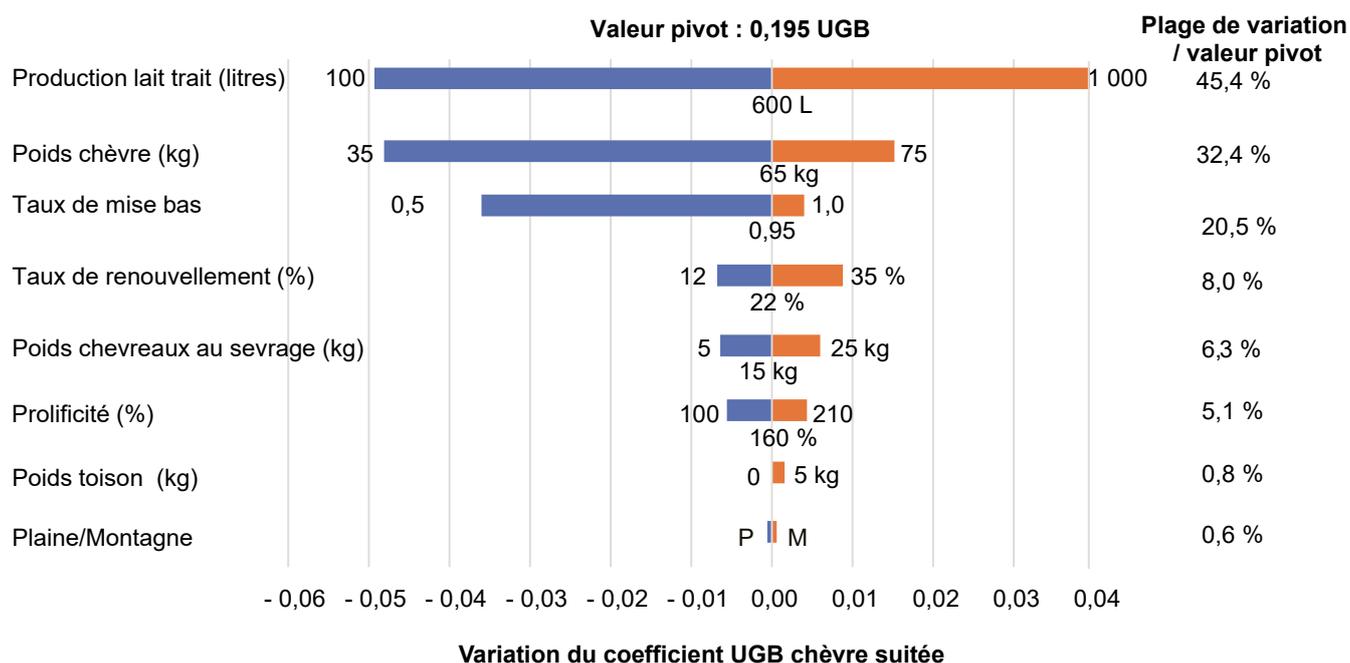
Notons que cette équation est bien adaptée également pour les troupeaux à lactation longue (au-delà d'un an voire de deux ans) en considérant toujours la production annuelle de lait du troupeau par chèvre (le concept UGB étant bien sur une campagne d'un an), le taux de mise bas pouvant se réduire alors à 0,3 ou 0,4 à l'échelle du troupeau. Comme TMB est la variable induisant le moins de variabilité dans le calcul et que sa plage de variation est *a priori* faible, nous la fixons à 0,95 pour proposer l'équation simplifiée (16) :

$$(16) \text{ BesENT_Chèvre (MJ/an)} = 126,6 \times \text{PV}^{0,75} + 4,6 \times \text{PV} + 2,85 \times \text{QL} + 653$$

Tableau 9. Caractéristiques et coefficients UGB de quatre types d'agneaux engraisés.

Caractéristiques des agneaux	Engraissement en bergerie		Engraissement au pâturage	
Poids vif à la vente (kg)	33	40	40	48
Gain moyen quotidien (g.j ⁻¹)	350	350	225	225
Poids vif au sevrage (kg)	23	23	23	23
Âge à la vente (jours)	104	124	151	186
Besoins en énergie nette (MJ)	222	416	514	831
Valeur UGB sur la période	0,008	0,014	0,018	0,029
Coefficient UGB annuel	0,098	0,108	0,086	0,094

Figure 3. Variations du coefficient UGB de la chèvre engendrées par celles des variables entrant dans le calcul des besoins en énergie nette entre les valeurs minimales et maximales retenues.



Variables classées par ordre décroissant d'impact sur la valeur UGB pivot définie pour un animal moyen dont les caractéristiques sont précisées en tant que valeur centrale de chaque variable (par exemple : production laitière de 600 litres)

Pour un bouc, l'équation proposée est du même type que celle utilisée pour les béliers, soit :

$$(17) \text{BesENT_Bouc (MJ/an)} = 115,0 \times \text{PV}^{0,75} + 4,6 \times \text{PV}$$

Où PV est le poids du bouc.

Comme pour les ovins, nous proposons une équation globale simplifiée (18), pour une chèvre suitée (chèvres, chevrettes, et bouc) en considérant que le poids des boucs est supérieur de 40 % à celui des chèvres et qu'il y a un bouc présent pour 40 chèvres. Le besoin en énergie des chevreaux éventuellement engraisés est en sus :

$$(18) \text{BesENT_Chèvre_suitée (MJ/an)} = 130,3 \times \text{PV}^{0,75} + 4,75 \times \text{PV} + 2,85 \times \text{QL} + 653$$

Où PV est le poids moyen de la chèvre et QL la quantité de lait produite par chèvre et par an.

Pour obtenir la valeur UGB du troupeau, la valeur BesENT_Chèvre_suitée doit être divisée par 29 000 et multipliée par le nombre moyen de chèvres de plus d'un an du troupeau.

Comme pour les autres animaux, la valeur UGB des chevreaux prend en compte les besoins d'entretien, d'activité et de croissance (respectivement les équations 10.3, 10.5 et 10.7, IPCC, 2019). Les paramètres de calculs concernent les poids de l'animal au sevrage et en fin de période d'engraissement ainsi que sa vitesse de croissance moyenne. Nous prenons la situation d'un élevage en bâtiments. L'équation du besoin en énergie nette totale du jeune durant sa période d'élevage après sevrage est la suivante :

$$(19) \text{BesENT_Cheveau (MJ/Tête)} = (\text{PV} - \text{PD}) \times [0,5 \times (0,33 \times \text{GMQ} + 0,0067) \times (\text{PV} + \text{PD}) + 0,1873 \times (\text{PV} + \text{PD})^{0,75} + 5 \times \text{GMQ}] / \text{GMQ}$$

Où PD est le poids vif de départ, PV le poids à la vente et GMQ le gain de poids moyen quotidien (kg/j).

Pour un calcul plus rapide pour des situations types, nous présentons (tableau 10) les besoins en énergie nette des animaux pour la période sevrage-vente (ou un an), ainsi que les valeurs UGB, en faisant varier l'âge et les poids au sevrage et en fin de période.

3. Discussion

■ 3.1. Le concept d'Unité Gros Bétail

L'évolution au fil des années des définitions et utilisations du concept d'UGB rend son utilisation en l'état hasardeuse pour des études relatives aux performances des systèmes d'élevage, en particulier face aux enjeux d'optimisation des ressources utilisées par les animaux, et dans des objectifs de comparaison du « poids » des cheptels dans les systèmes de production. En revenant au concept initial de l'UGB qui la liait au besoin énergétique des animaux, nous proposons une unité objective et mesurable pour divers types d'animaux ruminants. Les équations proposées prennent en compte les principales variables déterminant le besoin en énergie nette des animaux, dont le poids et le niveau de production. Ces paramètres varient d'un élevage à l'autre mais sont assez facilement disponibles et peuvent aboutir, pour deux animaux d'une même catégorie, à des valeurs UGB variant du simple ou double : par exemple, jusqu'à présent toutes les vaches laitières comptaient pour 1 UGB, alors qu'avec

Tableau 10. Caractéristiques et coefficients UGB de sept types de chevreaux sevrés engraisés différant par l'âge au sevrage et la durée de la période d'engraissement.

Durée de la période (jours)	25	49	76	55	36	55	319
Âge en fin de période (jours)	27	51	78	80	82	101	365
Poids vif fin de période (kg)	11	17.5	25	25	25	25	50
Gain moyen quotidien (g.j ⁻¹)	275					180	110
Âge au sevrage (jours)	2	2	2	25	46	46	46
Poids vif au sevrage (kg)	4	4	4	10	15	15	15
Besoins en énergie nette (MJ)	90	211	392	315	229	289	1989
Valeur UGB sur la période	0,003	0,007	0,014	0,011	0,008	0,010	0,069
Coefficient UGB annuel	0,044	0,054	0,065	0,073	0,079	0,065	0,078

notre proposition une vache laitière de 500 kg produisant 3 000 L de lait par an compterait pour 0,90 UGB contre 1,87 UGB pour une vache de 780 kg produisant 10 000 L de lait. Nous conservons la notion d'un animal de référence pour une UGB, avec des besoins annuels en énergie nette globaux de 29 000 MJ. Cette proposition, établie dans un premier temps pour des élevages de ruminants, pourra être étendue aux élevages d'autres types d'herbivores et aux animaux monogastriques.

Cette nouvelle définition de l'UGB permet de traiter les questions relatives à l'utilisation des ressources alimentaires totales (fourrages, concentrés, coproduits) utilisées pour satisfaire les besoins énergétiques des animaux, ce qui est cohérent avec l'évolution du régime alimentaires des ruminants, souvent composé d'une part significative de concentrés. L'ingestion annuelle de matière sèche par les animaux pourrait cependant être estimée. Le GIEC propose trois équations (10.14, 10.15 et 10.16) (IPCC, 2019) permettant d'estimer les besoins en énergie brute des animaux à partir des besoins en énergie nette et de l'estimation de la digestibilité de l'énergie brute de la ration. L'ingestion de matière sèche peut alors être obtenue en divisant les besoins en énergie brute par la teneur en énergie brute de la ration. Cette méthode permet de réaliser des esti-

mations à très large échelle, pour des inventaires nationaux, d'ingestion de fourrages par les animaux. Cependant les estimations de digestibilité de la ration sont trop grossières et elles ne tiennent pas compte des interactions entre aliments composant cette ration. Elles ne peuvent ainsi pas être utilisées à l'échelle de la ferme.

L'utilisation du référentiel du GIEC permet tout à la fois *i)* de prendre en compte la spécificité de conduite des animaux se répercutant sur les besoins énergétiques et donc sur les ressources mobilisées (même si l'on ne peut pas aller jusqu'à leur évaluation) ; *ii)* une généralité des équations, applicables à l'échelle du monde ; *iii)* la possibilité d'une mise en œuvre relativement facile en isolant les variables déterminantes du résultat, disponibles en ferme.

■ 3.2. Choix des variables clé des équations proposées

Les variables de poids vif et la productivité animale (lait, prolificité, taux de croissance) sont parmi les plus déterminantes des besoins en énergie nette des animaux (INRA, 2018) et donc de leurs coefficients UGB. Nous avons confirmé leur importance suite à une analyse de l'impact de la variation potentielle de la valeur de chaque variable, prise individuellement, sur la variation des coefficients UGB. Il aurait

été théoriquement nécessaire de croiser la variabilité de certaines variables car elles ne sont pas toutes indépendantes les unes des autres. Par exemple, le poids des vaches laitières Holstein peut être corrélé positivement avec la production laitière (Berry *et al.*, 2007), alors que l'augmentation du poids des vaches allaitantes peut avoir un impact négatif sur la productivité numérique et le poids des veaux (Farrell *et al.*, 2021). Pour les ovins, nous avons pris en compte certaines corrélations, comme l'impact du mode de naissance des agneaux (simple, double) et du poids de la mère sur le poids à la naissance des agneaux, et donc le gain de poids attendu avant la vente. Mais d'autres liens existent : pour les ovins, le taux de mortalité des agneaux est en partie relié au niveau de prolificité, le taux de croissance des agneaux est aussi en partie relié à leur mode d'engraissement, en bâtiment, *i.e.* avec des concentrés, ou à l'herbe, sur des surfaces plus ou moins productives ; le poids au sevrage et la part des agneaux vendus au sevrage sont très corrélés en élevage ovin laitier spécialisé, les agneaux étant sevrés très jeunes pour être engraisés en dehors de la ferme.

Les variables que nous avons retenues dans nos propositions d'équations, notamment le poids de l'animal et son niveau de production, apparaissent d'une part comme déterminantes dans

la valeur UGB et, d'autre part, leurs valeurs peuvent être approchées sans trop de difficulté. Une étude de sensibilité plus précise, prenant en compte de façon exhaustive les liens entre variables, serait lourde à mettre en place et se heurterait à la disponibilité des données et la multiplicité des situations rencontrées (e.g. relier le niveau de croissance des animaux avec la part et les caractéristiques de l'herbe pâturée, évolutive dans le temps).

Par ailleurs, l'analyse de sensibilité a été réalisée sur la base de plages de variations de paramètres zootechniques plutôt spécifiques des pays OCDE *i.e.* ne couvrant pas certaines situations plus extrêmes en terme, par exemple, de gabarit ou de niveau de production des animaux, avec des génotypes différents. Les équations proposées ne seraient pas forcément remises en cause, mais leur domaine de validité doit être restreint aux plages

de variation testées et certaines composantes supplémentaires des besoins en énergie nette pourraient être prises en compte (par exemple, le travail réalisé par les animaux de trait).

■ 3.3. Les nouvelles valeurs UGB calculées

Les valeurs UGB proposées pour les différentes catégories d'animaux étudiées sont parfois assez éloignées des valeurs historiques, en particulier pour les bovins laitiers puisque leur niveau de production laitière, qui a une forte incidence, a une plage de variation potentiellement importante. Les écarts avec les valeurs historiques sont moindres en production bovine allaitante mais plus élevés pour les ovins allaitants.

Nous proposons de comparer les résultats des différentes méthodes de calculs de coefficients UGB pour les bovins laitiers d'une part, et les ovins

viande d'autre part. Les valeurs issues de quatre méthodes sont comparées : *i)* méthode historique (M_H) ; *ii)* méthode basée sur les équations complètes du GIEC (IPCC, 2019) (M_{IPCC}) ; *iii)* méthode « complète » M_C et *iv)* méthode « simplifiée » M_S , toutes deux basées sur les équations proposées dans la partie 2 de cet article. Afin de juger de l'adaptation des deux méthodes proposées à une grande diversité de contextes, nous utilisons des systèmes d'élevage très contrastés (niveau de production et gabarit des animaux) pour chacun des deux types de production étudiés (tableaux 11 et 12). Ces systèmes sont issus des cas types français proposés par l'Institut de l'élevage (IDELE-bovins-lait, 2021, IDELE-Ovins, 2021).

Le coefficient UGB des vaches laitières calculé selon M_C (équation (1)) ou M_S (équation (2)) est très proche de celui de M_{IPCC} , avec un maximum de 3 % de différence entre M_{IPCC} et M_S pour

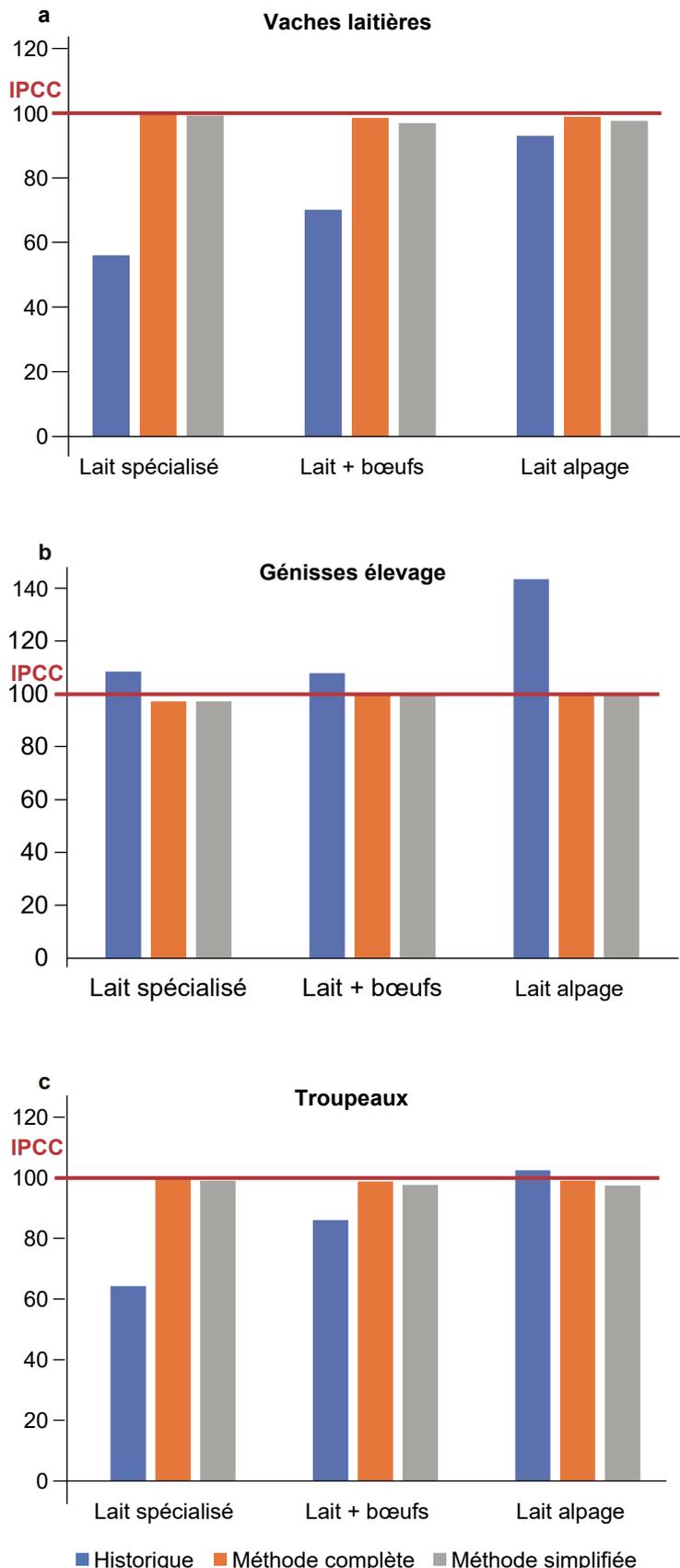
Tableau 11. Principales caractéristiques de 3 systèmes bovins laitiers français contrastés en termes de race et poids des vaches, niveau de production, accès à la pâture, âge au premier vêlage et type de mâles vendus.

Nom cas-type	Race	Poids vache (kg)	Lait/VL/an (kg)	TB (%)	Période pâture (mois)	Âge 1 ^{er} vêlage (mois)	Mâles vendus type
Lait spécialisé Centre-Ouest	Holstein	680	9 950	40,0	0	28	Veaux 8 jours
Lait + bœufs Normands	Normande	720	6 000	42,0	4,5	29	Bœufs 33 mois
Lait d'alpage zone AOP Beaufort	Tarine	545	4 185	35,6	5,5, dont 3 en alpage	36	Veaux 8 jours

Tableau 12. Principales caractéristiques de 4 systèmes ovins viande français contrastés en termes de poids des brebis, productivité numérique et mode d'élevage et caractéristiques des agneaux vendus.

	Nom du cas-type	Poids brebis (kg)	Taux Renouv ^t (%)	Taux mise bas	Prolif. (%)	Mortal. Ag ^x (%)	Prod. Num.	Poids Ag ^x (kg)	GMQ S-Vente	Vente au sevrage	Agn ^x bergerie (%)
Cas 1	Prolifique plaine	70	18	1,07	208	16	1,87	33,7	275 g	0	100
Cas 2	Ouest Semi-ext.	85	20	0,96	172	15	1,40	37,0	210 g	0	46
Cas 3	Pastor. Préalpes	50	19	0,78	117	12	0,80	35,0	70 g	46 %	0
Cas 4	Montagne herbe	70	20	0,95	156	9	1,35	32,5	270 g	0	100

Figure 4. Écart pour 3 types d'élevage bovins laitiers décrits au **tableau 11** des valeurs UGB des vaches laitières (a), génisses d'élevage (b) et de la totalité du troupeau (c) calculées selon les méthodes historique, complète, simplifiée, par rapport à une base 100 correspondant au calcul des UGB selon les équations du GIEC.



le cas-type Normand, lié au TB du lait de la race normande et à la durée de pâturage non pris en compte dans M_s . La différence importante avec la valeur historique de 1 UGB s'explique par la prise en compte du niveau de production laitière. Logiquement, l'écart est le plus important dans le cas du troupeau spécialisé produisant 9 950 litres/vache/an (+ 44 %), et le plus faible pour le système lait d'alpage à 4 185 litres/vache/an (+ 7 %). La méthode proposée pour le calcul des coefficients UGB des génisses d'élevage fournit des résultats très proches de M_{IPCC} (pas plus de 3 % d'écart) mais les valeurs sont inférieures aux coefficients historiques (figure 4b). Pour les systèmes à race relativement lourde (Holstein ou Normande) et avec un âge au vêlage des primipares de moins de 30 mois, la différence de valeur UGB des génisses d'élevage se situe à - 8 % en moyenne entre M_{IPCC} et les coefficients historiques ; par contre, pour un format des vaches (et donc des génisses) plus petit et un âge au vêlage des primipares à 36 mois (et donc une croissance journalière plus faible de la naissance au vêlage), la différence est de - 43 % pour le système alpin de race Tarine. Notons que pour les bœufs Normands de 33 mois, les coefficients UGB obtenus par M_{IPCC} et M_c sont très proches (moins de 3 % d'écart), mais inférieur de 19 % aux valeurs historiques (mêmes raisons que pour les génisses). Au final, les nombres d'UGB totales des troupeaux calculés selon les méthodes M_c ou M_s sont très proches de ceux obtenus par M_{IPCC} (figure 4c) avec, pour les trois systèmes bovins laitiers étudiés, moins de 3 % d'écart. La différence avec les coefficients historiques reste importante pour le système le plus productif par vache (+ 36 %), et s'atténue lorsque le niveau de production des vaches s'approche de la référence historique de 3 000 litres/vache/an.

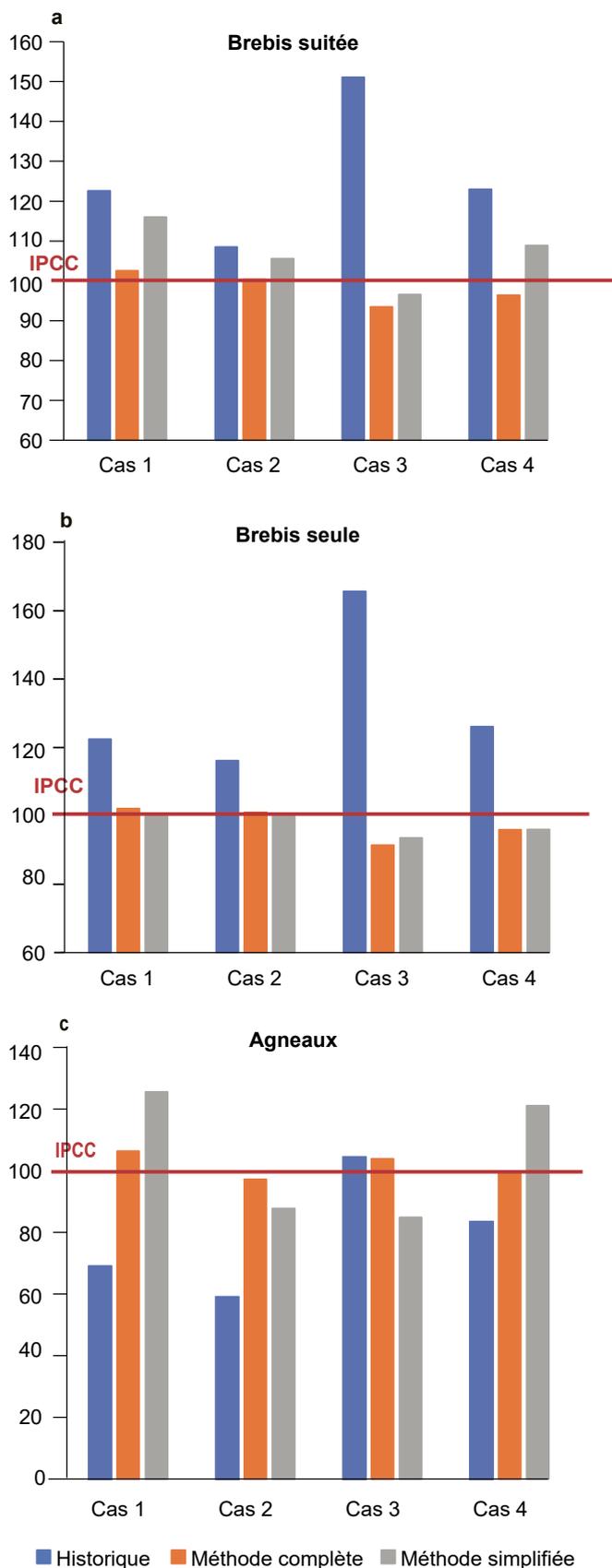
Pour les systèmes ovins viande étudiés, dont les caractéristiques sont présentées dans le **tableau 12**, la **figure 5a** montre que M_H donne un résultat en moyenne supérieur de 26 % à M_{IPCC} pour une brebis suitée, avec en particulier un très fort écart (51 %) pour le Cas 3 où les brebis ont un poids et une productivité peu élevés. Cette surévaluation concerne les brebis (figure 5b), puisque

la valeur UGB des agneaux est au contraire sous-évaluée en moyenne de 21 % par M_H (figure 5c). M_C est très proche de M_{IPCC} avec 1 % en moyenne de sous-évaluation pour la brebis suivée, liée au Cas 3 dont les brebis sont en plein air intégral, avec des besoins d'activité importants (variable non prise en compte dans M_C). M_C prend particulièrement bien en compte les besoins des agneaux. M_S donne en moyenne un résultat supérieur de 7 % à M_{IPCC} pour la brebis suivée, avec des résultats moins précis que M_C pour les agneaux (amplitude de -12 à +26 % par rapport à M_{IPCC} selon les quatre systèmes, vs -3 à +6 % seulement pour M_C), les besoins des brebis étant bien approchés.

Par ailleurs, pour les brebis laitières, les valeurs moyennes issues de M_C et M_S restent du même ordre qu'avec M_H . Par exemple, pour une brebis de 70 kg produisant 280 kg de lait par an, ses agneaux étant sevrés à 10 kg, le coefficient UGB (M_C) est de 0,17, soit comparable à celui calculé par l'Institut de l'Élevage (France) pour des brebis du même type (Idele, 2014a). De même en production caprine, les ordres de grandeur correspondent aux standards habituels, pour des systèmes de production relativement productifs (963 litres de lait par chèvre en France en 2019, Idele, 2020b).

Pour les bovins allaitants, la prise en compte du poids des animaux est un élément fondamental dans l'affinement du calcul de la valeur UGB des troupeaux et des indicateurs utilisés, ce qui peut amener à remettre en cause certaines conclusions établies sur la base des coefficients UGB historiques. À titre d'exemple Veysset *et al.* (2014) ont publié une étude sur l'évolution sur le long terme des performances de fermes d'élevage bovins viande. En reprenant les données de l'échantillon utilisé, sur la période 1991-2016 (26 années), nous avons calculé le poids moyen de l'ensemble des vaches de réforme commercialisées ($n = 29\ 626$, pour 2 143 années-élevages, avec un nombre maximum de 95 fermes en 1991). Celui-ci a augmenté de 15,2 % entre 1991-1992 et 2015-2016 (respectivement 678 et 781 kg vifs/tête). Ce gain de poids se traduit,

Figure 5. Écart pour 4 types d'élevage ovin décrits au tableau 12 des valeurs UGB de la brebis suivée (a), brebis seule (b), agneaux (c), calculées selon les méthodes historique, complète et simplifiée, par rapport à une base 100 correspondant au calcul des UGB selon les équations du GIEC.



À noter que valeur UGB des agneaux pour la méthode historique est évaluée sur la base d'un coefficient UGB de 0,05 pour une durée de présence de 130 jours (comprenant la période avant sevrage).

avec la nouvelle méthode proposée, par une augmentation de 8,4 % de la valeur UGB des vaches, lesquelles représentent 50 à 60 % des UGB du troupeau selon le système. En conséquence le chargement (nombre d'UGB totaux du troupeau/ha surface fourragère) qui, avec la méthode historique de calcul des UGB, était annoncé en baisse de 6,5 % sur la période étudiée serait en augmentation avec la nouvelle méthode de calcul proposée. Par ailleurs, alors que l'analyse concluait à une augmentation de la production de viande par UGB, fruit des progrès techniques et génétiques, de 8,0 %, celle-ci pourrait être stable voire en baisse en considérant la nouvelle méthode de calcul des UGB qui intègre l'augmentation du poids des vaches.

Conclusion

La quantification de l'importance des troupeaux, utilisée dans divers types de travaux, nécessite de définir une unité animale afin de pouvoir conduire des comparaisons entre fermes, régions ou pays, et dans le temps. L'approche historique de la notion d'UGB propose des équivalences très simples et standardisées par espèce et par grands types d'animaux ; cette approche reste adaptée à des objectifs de statistiques à grande échelle mais elle apparaît trop grossière pour des études techniques et économiques à des échelles infra, notamment à l'échelle de l'exploitation agricole.

L'utilisation de la notion de besoins des animaux en énergie nette est transversale aux espèces d'élevage et pour différents types de production. Elle permet ainsi d'étudier des systèmes d'élevage contrastés du point

de vue des itinéraires techniques, des niveaux de production des animaux et des géotypes utilisés. Aussi, nous proposons de retenir cette notion de besoins en énergie nette comme socle de calcul des UGB, en utilisant pour cela les équations publiées par le GIEC. Pour des approches très fines, il est possible de reprendre systématiquement ces équations si tous les paramètres nécessaires sont disponibles. Cette méthode permet de considérer l'intégralité des besoins énergétiques, y compris ceux liés au travail des animaux, voire d'autres spécificités régionales comme le type de pâturage. Dans cet article, nous proposons deux méthodes, intermédiaires entre l'application intégrale de ces équations IPCC et la méthode historique très standardisée. Ces deux méthodes prennent en compte, entre autres, les deux variables expliquant la part la plus importante des écarts potentiels de besoins des animaux, à savoir leur poids et leur niveau de production. La première des deux méthodes cherche à approcher au plus près les équations IPCC mais en délaissant, suite à une analyse de sensibilité, certains paramètres à faible impact et peu faciles à appréhender correctement dans la majorité des fermes. Nous proposons une seconde méthode, « simplifiée », ne prenant en compte que les paramètres les plus importants et facilement accessibles. Par rapport à l'approche historique ces deux méthodes permettent de mieux discriminer l'influence du format et du niveau de production sur le chargement animal tout en restant applicable à de larges échelles (pool de plusieurs centaines de fermes, territoires...).

Pour de nombreuses applications et travaux de recherche en particulier, l'utilisation de l'une ou l'autre de

ces deux méthodes devrait permettre de mieux traduire les différences de chargement animal en liaison avec les besoins alimentaires des animaux notamment dans des études comparatives entre fermes ou diachroniques. Même si notre proposition ne permet pas d'appréhender directement la question des ressources nécessaires à l'élevage d'un type d'animal et à sa production, d'un point de vue qualitatif et quantitatif, elle permet d'aborder la question du niveau de besoins à satisfaire en les rapprochant des capacités de production de ressources végétales de la ferme destinées à ses troupeaux.

Cet article vise à donner des éléments de réflexion et une proposition concrète de nouvelles équations adaptées à des travaux concernant l'évaluation des systèmes d'élevage de ruminants. Compte tenu des enjeux importants soulevés, cette contribution mériterait d'être discutée au sein d'un consortium de chercheurs et d'utilisateurs afin de conforter voire de compléter ces propositions. Il serait par ailleurs nécessaire de poursuivre cette approche pour les espèces de monogastriques, malheureusement non prises en compte actuellement par le GIEC.

Remerciements

Cette proposition méthodologique est issue du projet européen MIX-ENABLE qui a bénéficié du support financier des états participants (dont la France) et de la Commission Européenne, au travers du programme H2020 ERA-NET CORE Organic Cofund. Nous remercions Jacques Agabriel pour sa lecture attentive et avisée, ainsi que les relecteurs de la revue INRAE Productions Animales.

Références

- Assouma M.H., Lecomte P., Hiernaux P., Ickowicz A., Corniaux C., Decruyenaere V., Diarra A.R., Vayssières J., 2018. How to better account for livestock diversity and fodder seasonality in assessing the fodder intake of livestock grazing semi-arid sub-Saharan Africa rangelands. *Livest. Sci.*, 216, 16-23. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.07.002>
- Benoit M., Sabatier R., Lasseur J., Creighton P., Dumont B., 2019. Optimising economic and environmental performances of sheep-meat farms does not fully fit with the meat industry demands. *Agron. Sustain. Dev.*, 39, pp.40. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0588-9>
- Berry D.P., Buckley F., Dillon P., 2007. Body condition score and live-weight effects on milk production in Irish Holstein-Friesian dairy cows. *Animal*, 1, 1351-1359. <https://doi.org/10.1017/S1751731107000419>
- Blaxter K.L., 1989. *Energy metabolism in animals and man*. Cambridge University Press, 305p.
- Boichard J., 1969. Gestion agricole et géographie rurale. *Revue de géographie de Lyon* 44, 323-374. <https://doi.org/10.3406/geoca.1969.2647>
- Cavallières J., Bonnemaire J., Raichon C., Delamarche F., 1987. Caractères régionaux de l'histoire de l'élevage en France. 1-Méthodographie et résultats statistiques 1938-1980., 636p.
- Coléou J., 1960. Les références concernant le rationnement des animaux. Le bilan fourrager. *Écon. Rurale*, 43, 33-54. <https://doi.org/10.3406/ecoru.1960.1690>

- Demarquilly C., Faverdin P., Geay Y., Vérité R., Vermorel M., 1996. Bases rationnelles de l'alimentation des ruminants. INRA Prod. Anim., 71.80. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.1996.9.HS.4089>
- Drennan M.J., McGee M., 2009. Performance of spring-calving beef suckler cows and their progeny to slaughter on intensive and extensive grassland management systems. Livest. Sci., 120, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.04.013>
- EUROSTAT, 2019. Unités Gros Bétail (UGB). Coefficients. Statistics Explained. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Livestock_unit_\(LSU\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Livestock_unit_(LSU))
- Farrell L.J., Morris S.T., Kenyon P.R., Tozer P.R., 2021. Simulating Beef Cattle Herd Productivity with Varying Cow Liveweight and Fixed Feed Supply. Agriculture 11, 35. <https://doi.org/10.3390/agriculture11010035>
- IDEA, 2019. Table de conversion des UGB alimentaires annuelles pour le calcul de l'indicateur A 10. <https://idea.chlorofil.fr/utilisation/outils-dapplication.html>
- IDELE-bovins-lait, 2021. http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/cas-types-bovins-lait.html. Consulté le 6 juillet 2021.
- IDELE-Ovins, 2021. http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/cas-types-ovins-allaitants.html. Consulté le 6 juillet 2021.
- Idele, 2010. Engraisser des bovins en Rhône-Alpes, itinéraires techniques types. Institut de l'Élevage, Réseaux d'élevage, Chambres d'Agriculture Rhône-Alpes PACA, Paris, 29p.
- Idele, 2014a. Alimentation des ovins : rations moyennes et niveaux d'autonomie alimentaires. Collection résultats, 54p.
- Idele, 2014b. Guide de l'alimentation du troupeau bovin allaitant. Vaches, veaux et génisses de renouvellement. Collection les Incontournables. Institut de l'Élevage, Paris, France, 340p.
- Idele, 2019. Systèmes bovins laitiers des zones de montagnes et piémonts d'Auvergne et de Lozère – conjoncture 2019. 142p.
- Idele, 2020a. Les chiffres clés du GEB, bovins 2019, productions lait et viande. Institut de l'Élevage et CNE, Paris, France, 12p.
- Idele, 2020b. Résultats de contrôle laitier – Espèce caprine – France 2019. France conseil élevage, collection résultats, 34p.
- Idele, 2020c. Résultats de contrôle laitier, espèce bovine, France 2019. Collection Résultats, Institut de l'Élevage, Paris, France, 115p.
- Idele, 2020d. Résultats du contrôle des performances bovins allaitants, France 2019. Collection Résultats, Institut de l'Élevage, Paris, France, 128p.
- Iger-Centres-de-Gestion, 1989. Le mot juste. 250 termes et expressions pour analyser les résultats de gestion des exploitations d'élevage. 168p.
- INRA, 2018. Alimentation des ruminants. Éditions Quae, Paris, France, 728p.
- IPCC, 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 10. Emissions From Livestock And Manure Management. 209p.
- Jahnke H.E., 1982. Livestock production systems and livestock development in Tropical Africa. Kieler Wissenschaftsverlag Vauk, Germany, 273p.
- Lampert V.N., Canozzi M.E.A., McManus C.M., Dill M.D., de Oliveira T.E., Mercio T.Z., Teixeira O.S., Barcellos J.O.J., 2020. Modelling beef cattle production systems from the Pampas in Brazil to assess intensification options. Sci. Agric., 77, 13p. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2018-0263>
- McLaren C., 1997. Dry Sheep Equivalents for comparing different classes of livestock. Information notes. Department of Primary industries., https://www.researchgate.net/publication/242130820_Dry_Sheep_Equivalents_for_Comparing_Different_Classes_of_Livestock.
- Murphy B., Crosson P., Kelly A.K., Prendiville R., 2018. Performance, profitability and greenhouse gas emissions of alternative finishing strategies for Holstein-Friesian bulls and steers. Animal, 12, 2391-2400. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000034>
- Office de l'élevage, 2008. Production de jeunes bovins de races à viande et de races laitière, 13 fiches de références sur les itinéraires techniques. Institut de l'Élevage, Chambres d'Agriculture Pays de la Loire et Bretagne, Arvelis Institut du Végétal, Paris, France, 37p.
- Ortigue I., 1991. Adaptation du métabolisme énergétique des ruminants à la sous-alimentation. Quantification au niveau de l'animal entier et de tissus corporel. Reprod. Nutr. Dev., EDP Sciences, 31, 593-616.
- Pesonen M., Honkavaara M., Huuskonen A., 2013. Production, carcass and meat quality traits of Hereford, Charolais and HerefordxCharolais bulls offered grass silage-grain-based rations and slaughtered at high carcass weights. Acta Agricult. Scand., Section A 63, 28-38. <https://doi.org/10.1080/09064702.2013.777091>
- Pravia M.I., Ravagnolo O., Urioste J.I., Garrick D.J., 2014. Identification of breeding objectives using a bioeconomic model for a beef cattle production system in Uruguay. Livest. Sci., 160, 21-28. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.12.006>
- Réseaux d'élevage, 2005. Produire des bœufs dans l'Est, 7 itinéraires techniques. Institut de l'Élevage, Chambres Régionales d'Agriculture d'Alsace, de Lorraine et de Champagne-Ardenne, 18p.
- Rothman-Ostrow P., Gilbert W., Rushton J., 2020. Tropical Livestock Units: Re-evaluating a Methodology. Front Vet. Sci., 7, 556788.
- Scarnecchia D., 1985. The Animal-Unit and Animal-Unit-Equivalent Concepts in Range Science. J. Range Manage., 38, 346-349. <https://doi.org/10.2307/3899419>
- Scarnecchia D., Kothmann M., 1982. A dynamic approach to grazing management terminology. J. Range Manage., 35, 262-264. <https://doi.org/10.2307/3898407>
- Sepchat B., Dhour P., Agabriel J., 2017. Production laitière des vaches allaitantes : caractérisation et étude des principaux facteurs de variation. In : Élevage bovin allaitant. Agabriel J., Renand G., Baumont R. (Eds). Dossier, INRA Prod. Anim., 30, 139-152. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2017.30.2.2420>
- Taylor R.F., Crosson P., Kelly A.K., McGee M., 2018. Benchmarking technical and economic performance of beef cow-calf to finishing production systems in Ireland. Prof. Anim. Scient., 34, 421-434.
- Thériez M., 1991. Conséquences de l'augmentation de la prolificité sur l'élevage des agneaux et sur la production de viande. INRA Prod. Anim., 4, 161-168. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.1991.4.2.4328>
- Upton M., 1989. Livestock productivity assessment and herd growth models. Agric. Syst., 29, 149-164. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(89\)90060-7](https://doi.org/10.1016/0308-521X(89)90060-7)
- Upton M., 1993. Livestock productivity assessment and modelling. Agric. Syst. 43, 459-472. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(93\)90034-Y](https://doi.org/10.1016/0308-521X(93)90034-Y)
- Veysset P., Benoit M., Laignel G., Bebin D., Roulenc M., Lherm M., 2014. Analyse et déterminants de l'évolution des performances d'élevages bovins et ovins allaitants en zones défavorisées de 1990 à 2012. In : Spécificités de l'élevage de ruminants en montagne. Grosclaude J., Thibier M., Baumont R. (Eds). Dossier, Inra Prod. Anim., 27, 49-63. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2014.27.1.3054>

Résumé

Originellement basé sur l'ingestion de fourrages par les herbivores et par extension sur leurs besoins énergétiques, le concept d'Unité de Gros Bétail (UGB) est largement utilisé, sans être toujours précisément défini, pour décrire et évaluer les systèmes d'élevage ou pour calculer des statistiques. Cependant, le calcul de la valeur UGB d'un animal donné peut être considéré comme très frustré dans la mesure où il ne tient compte ni de sa taille, ni de son niveau de production, ni de ses conditions d'élevage, dont dépendent ses besoins énergétiques et donc alimentaires. Nous proposons une méthode de calcul de l'UGB adaptée aux espèces bovines, ovines et caprines basée sur les besoins énergétiques nets des animaux, en utilisant les équations et paramètres fournis par le GIEC (« *Groupe d'experts Intergouvernemental sur*

l'Évolution du Climat »). Grâce à une analyse de sensibilité vis-à-vis des variables utilisées, nous confirmons que le poids des animaux et leur niveau de production sont déterminants de ces besoins. En intégrant ces deux paramètres, nous proposons deux types d'équations qui diffèrent par leur niveau de précision et par la disponibilité des données requises. Sur la base d'une équivalence de 29 000 MJ pour une UGB correspondant à une vache laitière de 600 kg produisant 3 000 kg de lait par an à un taux butyreux de 4 %, nous conservons la notion d'animal de référence pour une UGB. La méthode proposée permet d'approcher, à travers la taille des animaux, leur niveau de production et leur génotype, la variabilité des besoins alimentaires des animaux. Les coefficients UGB ainsi calculés peuvent très significativement différer des coefficients historiques et ainsi modifier les conclusions de comparaisons de systèmes de production entre eux ou dans le temps.

Abstract

Livestock unit calculation: a method based on energy needs to refine the study of livestock farming systems

Originally based on the ingestion of forage by herbivores and by extension on their energy requirements, the concept of a livestock unit (LU) is widely used, without always being precisely defined, to study livestock farming systems. However, the calculation of the LU value of a given animal can be considered quite rough since it does not account for its size, production level, or rearing conditions on which its energy and thus feed requirements depend. We propose an LU calculation adapted to the bovine, ovine and caprine species based on the net energy needs of the animals using the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) equations and parameters. Due to a sensitivity analysis of these parameters, we confirm that the weight of the animals and their production level are determinants of their net energy requirements. By integrating these two parameters, we propose two types of equations that differ in their level of precision and in the availability of the required data. Based on an equivalence of 29 000 MJ for an LU represented by a 600 kg dairy cow producing 3 000 kg of milk per year with 4% fat, we kept the notion of a reference animal. The proposal allows us to account for, through the size of the animals, their level of production and their genotype, the variability of the animals' feed requirements. The LU coefficients calculated in this way can differ significantly from historical coefficients and thus modify the conclusions of comparisons of farming systems between themselves or over time.

BENOIT M., VEYSSET P., 2021. Calcul des Unités Gros Bétaux : proposition d'une méthode basée sur les besoins énergétiques pour affiner l'étude des systèmes d'élevage. *INRAE Prod. Anim.*, 34, 139-160.

<https://doi.org/10.20870/productions-animales.2021.34.2.4855>



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>

La citation comme l'utilisation de tout ou partie du contenu de cet article doit obligatoirement mentionner les auteurs, l'année de publication, le titre, le nom de la revue, le volume, les pages et le DOI en respectant les informations figurant ci-dessus.