

Autonomie alimentaire et bilans minéraux des élevages bovins laitiers selon les systèmes de production

P. Paccard¹, M. Capitain², A. Farruggia¹

L'amélioration de l'autonomie alimentaire est recherchée pour des raisons techniques, économiques et d'image des produits. Une analyse à partir des Réseaux d'Élevage permet de caractériser l'autonomie alimentaire des exploitations bovines lait et leurs bilans des minéraux selon leur système de production.

RESUME

L'autonomie est définie comme le rapport entre les aliments produits et les aliments consommés. Elle est déclinée selon la nature des aliments (ration totale, fourrages et concentrés) et leur composition (Matière Sèche, UFL, matières azotées). Sur l'ensemble des élevages, l'autonomie globale est élevée mais l'autonomie en concentrés est beaucoup plus faible. Les bilans en minéraux sont en moyenne de 53 - 15 - 28 kg N-P₂O₅-K₂O par ha SAU. Les bilans P et K varient conjointement mais indépendamment du bilan azoté, lequel est lié négativement à l'autonomie protéique. Pour l'autonomie comme pour les bilans N-P-K, les systèmes biologiques se différencient nettement. L'autonomie baisse quand le niveau d'intensification augmente. Les systèmes à base de maïs sont moins autonomes, mais l'écart est faible entre les herbagers et ceux utilisant un peu de maïs.

MOTS CLES

Agriculture biologique, autonomie, azote, bilan minéral, environnement, intensification, montagne, phosphore, potassium, production laitière, protéine, système de production.

KEY-WORDS

Dairying, environment, highland, intensification, mineral balance, nitrogen, organic farming, phosphorus, potassium, production system, protein, , self-sufficiency.

AUTEURS

1 : Institut de l'Élevage, Theix, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, pierre.paccard@inst-elevage.asso.fr

2 : Institut de l'Élevage, Actipole, 5 rue Hermann Frenkel, F-69364 Lyon.

La maîtrise des coûts alimentaires est, avec l'amélioration de la qualité des produits vendus, un des moyens de maintenir le revenu des élevages laitiers. Si la plus grande partie des fourrages consommés par le troupeau est généralement issue de l'exploitation, les concentrés, et en particulier les concentrés azotés, sont pour la plupart achetés, même si la proportion d'aliments fermiers s'est accrue avec la baisse du prix des céréales. La quantité et la composition de ces concentrés peuvent varier selon la nature des fourrages produits, le niveau de production du troupeau et les possibilités de cultures sur l'exploitation.

A ces arguments techniques et économiques s'ajoute une volonté d'indépendance vis-à-vis de l'extérieur, renforcée par le souhait des éleveurs de proposer au consommateur des produits dont ils puissent garantir la qualité et la traçabilité.

Tout cela concourt à la recherche de plus d'autonomie alimentaire dans les élevages. Les voies d'amélioration de l'autonomie sont multiples mais leur mise en œuvre sera certainement différente d'une exploitation à l'autre selon les structures, les potentialités et les pratiques. De plus, cette autonomie doit être acquise en préservant au mieux l'environnement.

Cet article présente les résultats de la première étape d'un travail dont l'objectif est de caractériser l'autonomie alimentaire des exploitations selon leur système de production et d'en préciser les facteurs de variation.

Matériel et méthodes

1. Nature et origine des données

Les données analysées sont celles des exploitations des Réseaux d'Élevage bovins lait, dispositif partenarial entre l'Institut de l'Élevage et les Chambres d'Agriculture. Les informations disponibles concernent en particulier la structure de l'exploitation, l'assolement, le cheptel, le système fourrager, les concentrés, la fertilisation, la main d'œuvre et les paramètres économiques. L'étude porte sur les données de l'année 2000. Après vérification de la cohérence et de l'exhaustivité des données, 393 exploitations ont été retenues, issues des principaux bassins laitiers français.

2. Typologie des systèmes de production

Les exploitations ont été réparties dans les 17 classes de la typologie nationale des systèmes laitiers proposée par Perrot et Frayssé (2002). Cette typologie est basée sur la zone (plaine ou montagne), la combinaison des productions (élevage d'herbivores seul ou avec plus ou moins de culture, présence ou non d'un atelier hors sol), la spécialisation (lait seul ou présence de production de viande intensive ou à l'herbe) et le niveau d'intensification fourragère estimé par la part de maïs dans la SFP (surface fourragère principale). Une classe supplémentaire rassemble les exploitations non typées sur ces critères.

Pour des raisons d'effectif, les deux classes d'exploitations de plaine produisant de la viande intensive ont été regroupées ; de même, les élevages de plaine spécialisés en lait avec une forte intensification fourragère ont été mis dans la même classe typologique quelle que soit la part des grandes cultures. Dans chaque classe, une distinction a été faite entre les élevages dits conventionnels et ceux pratiquant l'agriculture biologique, ou étant en phase de conversion. Les 393 exploitations se répartissent ainsi en 25 classes. Seuls les 11 systèmes comptant au moins 10 exploitations (soit au total 338 exploitations) ont été conservés par la suite.

3. Définition et calcul de l'autonomie alimentaire

L'autonomie alimentaire a été évaluée sur l'ensemble des ateliers herbivores ; tout ce qui concerne les productions hors sol n'est donc pas pris en compte.

D'une façon générale, l'autonomie alimentaire peut être définie comme la part des aliments produits (P) sur l'exploitation par rapport à ceux consommés (C) :

$$\text{Autonomie} = P / C$$

Elle peut se décliner selon la nature des aliments : ration totale, fourrages, concentrés, ou selon leur composition : matière sèche, valeur énergétique (UFL), valeur azotée (MAT).

La consommation correspond à la fraction valorisée des aliments produits et des aliments achetés (A) ; on a alors :

$$\text{Autonomie} = P / (P + A)$$

La consommation peut aussi être estimée à partir des besoins. C'est ce mode de calcul qui a été retenu dans la mesure où il est apparu plus précis d'estimer les ingestions totales et les besoins que d'évaluer la production valorisée des exploitations en fourrages : les fourrages stockés sont bien connus en quantité et composition mais l'évaluation de la production du pâturage est beaucoup plus difficile à faire. Dans ce cas :

$$\text{Autonomie} = (C - A) / C = 1 - A / C$$

L'autonomie apparaît comme le complément de la dépendance définie comme le rapport entre les aliments achetés et les aliments consommés.

Les critères d'autonomie s'écrivent ainsi de la même façon en MS (matière sèche), UFL et MAT (pour faciliter la lecture, les différents critères seront exprimés en %) :

$$\text{Autonomie totale} = 1 - [(\text{fourrages achetés} + \text{concentrés achetés}) / \text{consommation totale}],$$

$$\text{Autonomie fourrage} = 1 - [\text{fourrages achetés} / (\text{consommation totale} - \text{consommation concentrés})],$$

$$\text{Autonomie concentré} = 1 - [\text{concentrés achetés} / (\text{concentrés achetés} + \text{concentrés produits})].$$

Les quantités de fourrages et de concentrés achetées et celles de concentrés produits (autoconsommés) sont disponibles dans la base de données ; leur valeur énergétique et leur teneur en MAT sont également disponibles dans la base ou ont été évaluées à partir des tables INRA 1988. La poudre de lait et les aliments minéraux ont été intégrés aux concentrés. Les coproduits ont été considérés comme des fourrages ou des concentrés selon leur nature ; ainsi, la luzerne déshydratée a été considérée comme un concentré, quel que soit son mode d'utilisation.

Les variables non connues sont les consommations ou besoins annuels en MS, UFL et MAT ; elles ont été déterminées de la façon suivante :

- Consommation en MS totale de la ration : Pour les vaches laitières, elle a été calculée selon les recommandations INRA (Hoden *et al.*, 1988) en prenant en compte la production moyenne du troupeau (MSI kg = kg lait 4% x 0,33 + 4 110). Une valeur fixe de 5 tonnes de matière sèche par UGB a été retenue pour tous les autres animaux de l'exploitation.

- Besoins en UFL : Pour les vaches laitières, les besoins d'entretien, de production, de gestation et de variation de poids ont été calculés selon les recommandations habituelles en considérant des vaches de 620 kg et un troupeau constitué de 30% de primipares prenant 70 kg de poids vif et 70% de multipares prenant 15 kg de poids vif. Les besoins des vaches allaitantes (VA) ont été estimés à 2 850 UFL / UGB (Petit, 1988) et ceux des autres animaux à 3 500 UFL / UGB.

- Besoins en MAT : Les besoins en PDI des vaches laitières ont été calculés sur la base de 175 kg pour l'entretien, la gestation et le gain de poids, et 48 g par kg de lait à 4% de matière grasse (MG). Pour les autres animaux, les valeurs retenues sont de 260 kg / UGB vache allaitante (Petit, 1988) et 315 kg / UGB autre. Le passage des besoins en PDI aux besoins en MAT a été réalisé à partir des équations INRA de calcul des PDI en retenant des caractéristiques moyennes d'aliment correspondant aux fourrages et concentrés largement utilisées : DT = 0,75 ; dr = 0,72 ; MO = 930 ; DMO = 0,72. Deux valeurs ont ainsi été calculées, sur la base des PDIE et des PDIN. Pour les vaches laitières, le besoin retenu est la plus forte des deux valeurs ; le calcul sur la base des PDIN a été retenu pour les autres animaux.

4. Bilans des minéraux

Les bilans des minéraux ont été calculés à l'échelle de l'exploitation ; ils comptabilisent les entrées et sorties d'azote, de phosphore (P₂O₅) et de potassium (K₂O) par le biais principalement des achats d'engrais et de concentrés, et des ventes de lait, de viande et de cultures (Institut de l'Élevage *et al.*, 1999). Ces bilans donnent une indication globale sur les risques de pertes en azote dans l'eau et dans l'air, ainsi que du gaspillage en phosphore et en potassium.

Seules les exploitations (253) dont les enregistrements permettaient de calculer de façon fiable le bilan N-P-K par hectare de SAU ont été retenues. Le bilan en azote a été calculé hors fixation symbiotique du fait d'une

part de l'incertitude sur l'estimation de la fixation par les différentes légumineuses (légumineuses des prairies et des cultures pures de luzerne, protéagineux et trèfle), et d'autre part de l'absence de données sur ce poste pour une partie des exploitations.

5. Traitement des données

Après le calcul des statistiques descriptives, des corrélations simples ont été calculées entre les différentes autonomies puis entre les autonomies et les variables caractérisant les exploitations. Les autonomies par système ont été estimées à l'aide d'un modèle d'analyse de variance prenant en compte le type d'agriculture (biologique ou non) et le système pour un type d'agriculture donné. Les parts de variabilité des autonomies expliquées par le type d'agriculture et le système ont été estimées par des R² ajustés. Les mêmes calculs ont été faits pour les bilans en minéraux.

Une étude des facteurs de variation des autonomies en MS totale, MAT totale, MS des concentrés et MAT des concentrés a été réalisée sur l'ensemble des exploitations. Les variables explicatives des autonomies ont été sélectionnées à l'aide d'une régression pas à pas "stepwise". Les effets spécifiques sur les autonomies de chacune des variables retenues, ajustés du type d'agriculture et des systèmes, ont été estimés. Les traitements ont été réalisés avec le logiciel statistique SAS version 8.2.

Résultats et discussion

1. Les systèmes de production

Le code et la définition des systèmes retenus sont donnés dans le tableau 1. Les principales caractéristiques moyennes par système des exploitations de l'échantillon étudié sont rassemblées dans le tableau 2.

La fréquence des différents systèmes de cet échantillon est assez proche de celle observée dans la typologie nationale appliquée au RGA 2000 (Perrot et Fraysse, 2002). Cependant, la production de viande intensive y est nettement moins représentée et, à l'inverse, l'agriculture biologique dépasse nettement son importance nationale. Les exploitations de plaine ont une SAU et un nombre de vaches plus élevés alors qu'il n'y a pas de différence sur les élevages de montagne. La production par vache est supérieure partout (6 300 litres en moyenne). A l'intérieur d'un même système de production, les élevages biologiques ont des structures comparables au système conventionnel et produisent un peu moins de lait par vache avec nettement moins de concentré.

Tableau 1 : Présentation des 11 systèmes de production retenus.

Table 1 : Presentation of the 11 production systems considered.

Code	Critères de classification
PPM+	Plaine – Polyculture ou grandes cultures – spécialisé lait – Maïs dominant (> 30% de la SFP)
PSM+	Plaine – herbivores – Spécialisé lait – Maïs dominant
PSM	Plaine – herbivores – Spécialisé lait – Maïs (10 à 30% de la SFP)
PSH	Plaine – herbivores – Spécialisé lait – Herbe (< 10% de maïs dans la SFP)
PVI	Plaine – polyculture ou herbivores – lait + Viande Intensive avec ou sans vaches allaitantes
PVH	Plaine – herbivores – lait + Viande à l'Herbe (bœufs et/ou vaches allaitantes)
MSM	Montagne – herbivores – Spécialisé lait – Maïs (> 10% de la SFP ou > 15 ares / vache)
MSH	Montagne – herbivores – Spécialisé lait – Herbe (maïs < 10% SFP ou < 15 ares / vache)
NC	Non classé dans les autres systèmes
PSHBio	Système PSH en agriculture biologique
MSHBio	Système MSH en agriculture biologique

Tableau 2 : Caractéristiques moyennes des exploitations des différents systèmes.**Table 2 : Mean characteristics of the farms following the various systems.**

Système	n	Chargement (UGB/ha)	SAU (ha)	SFP (% SAU)	Maïs (% SFP)	UGB totales	Effectif VL	Lait / vache (l)	Concentré / vache (kg)
PPM+	38	2,16 ± 0,71	116 ± 48	35 ± 10	48 ± 17	77 ± 28	51 ± 18	7 387 ± 737	1 573 ± 569
PSM+	53	1,85 ± 0,62	77 ± 30	62 ± 13	45 ± 13	81 ± 29	54 ± 19	7 137 ± 879	1 375 ± 333
PSM	37	1,52 ± 0,34	85 ± 37	76 ± 12	21 ± 6	94 ± 45	57 ± 23	6 302 ± 1 036	1 008 ± 335
PSH	16	1,39 ± 0,28	67 ± 32	86 ± 17	0,4 ± 1,7	77 ± 34	50 ± 20	5 251 ± 883	1 034 ± 418
PVI	21	1,75 ± 0,56	124 ± 67	62 ± 16	29 ± 10	118 ± 41	52 ± 23	7 094 ± 923	1 265 ± 365
PVH	45	1,38 ± 0,24	99 ± 38	83 ± 12	14 ± 9	108 ± 34	46 ± 17	6 128 ± 915	1 016 ± 397
MSM	22	1,31 ± 0,40	57 ± 28	82 ± 10	23 ± 12	59 ± 25	38 ± 16	6 531 ± 1 010	1 238 ± 465
MSH	42	1,06 ± 0,23	50 ± 14	91 ± 9	0,5 ± 1,4	50 ± 13	33 ± 9,3	5 644 ± 875	1 364 ± 445
NC	17	1,49 ± 0,64	106 ± 67	57 ± 23	26 ± 21	73 ± 39	38 ± 16	6 715 ± 1 429	1 447 ± 424
PSHBio	33	1,24 ± 0,26	74 ± 39	85 ± 13	2,5 ± 3,4	74 ± 37	49 ± 22	5 143 ± 898	640 ± 335
MSHBio	14	0,97 ± 0,22	65 ± 23	87 ± 8	0,3 ± 1,2	56 ± 19	37 ± 12	5 057 ± 969	881 ± 274
Total	338	1,51 ± 0,54	84 ± 45	72 ± 21	22 ± 21	80 ± 37	47 ± 19	6 320 ± 1 206	1 188 ± 482

2. L'autonomie alimentaire

* Valeurs moyennes

Les valeurs des 9 critères d'autonomie sont présentées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Valeurs moyennes des différents critères d'autonomie alimentaire pour les 11 systèmes étudiés (%).**Table 3 : Mean values of the various criteria of feed self-sufficiency in the 11 systems studied (%).**

Système	MS totale	MS fourrages	MS concentré	UFL totales	UFL fourrages	UFL concentré	MAT totales	MAT fourrages	MAT concentré
PPM+	80,3 ± 1,4	96,6 ± 1,1	20,1 ± 4,3	75,1 ± 1,8	96,1 ± 1,4	21,2 ± 4,4	54,6 ± 2,1	96,1 ± 1,3	7,4 ± 3,3
PSM+	82,7 ± 1,2	97,3 ± 1,0	19,4 ± 3,6	77,9 ± 1,5	97,1 ± 1,2	20,6 ± 3,8	60,7 ± 1,8	96,3 ± 1,1	9,7 ± 2,8
PVI	85,8 ± 1,9	97,8 ± 1,5	33,3 ± 5,7	80,7 ± 2,4	96,8 ± 1,9	35,4 ± 6,0	64,8 ± 2,9	97,4 ± 1,7	15,4 ± 4,4
NC	83,0 ± 2,1	95,3 ± 1,7	32,0 ± 6,4	78,1 ± 2,6	94,1 ± 2,1	33,8 ± 6,6	66,1 ± 3,2	95,3 ± 1,9	17,8 ± 4,9
MSM	86,8 ± 1,9	97,7 ± 1,5	39,1 ± 5,6	83,6 ± 2,3	98,0 ± 1,8	41,3 ± 5,8	69,8 ± 2,8	98,4 ± 1,7	18,6 ± 4,3
MSH	82,3 ± 1,4	95,7 ± 1,1	27,8 ± 4,1	76,7 ± 1,7	95,2 ± 1,3	29,4 ± 4,2	71,6 ± 2,0	96,3 ± 1,2	18,1 ± 3,1
PSM	89,6 ± 1,4	98,6 ± 1,1	32,3 ± 4,3	86,2 ± 1,8	98,5 ± 1,4	34,5 ± 4,5	74,8 ± 2,2	98,8 ± 1,3	17,3 ± 3,3
PSH	83,5 ± 2,2	93,6 ± 1,7	28,5 ± 6,6	77,8 ± 2,7	91,2 ± 2,1	29,2 ± 6,8	76,3 ± 3,3	94,8 ± 2,0	23,6 ± 5,1
PVH	90,6 ± 1,3	98,7 ± 1,0	32,0 ± 3,9	87,4 ± 1,6	98,6 ± 1,8	33,9 ± 4,1	79,0 ± 2,0	98,8 ± 1,2	17,9 ± 3,0
MSHBio	90,7 ± 2,3	96,5 ± 1,8	55,2 ± 7,0	89,2 ± 2,9	96,6 ± 2,3	59,0 ± 7,3	86,1 ± 3,5	96,9 ± 2,1	45,6 ± 5,4
PSHBio	94,4 ± 1,5	97,5 ± 1,2	57,9 ± 4,6	93,6 ± 1,9	97,5 ± 1,5	60,7 ± 4,8	92,9 ± 2,3	97,7 ± 1,4	55,0 ± 3,5
Moyenne	86,2	97,1	32,1	82,2	96,7	33,9	71,4	97,1	20,3

L'autonomie sur la ration totale est maximale pour la matière sèche : en moyenne 86,2%. Elle décroît logiquement un peu pour l'énergie (82,2%) et plus pour les matières azotées (71,4%). Cette évolution s'accompagne d'un plus grand étalement des valeurs : la moitié des exploitations se situe entre environ 81 et 93% pour la MS, 76 et 90% pour les UFL et 60 et 84% pour les MAT.

L'autonomie en fourrage est très élevée et homogène sur les critères de MS, UFL et MAT. La moyenne se situe à environ 97% ; 83 à 85% des exploitations ont une autonomie de plus de 95% et seulement 6% se situent à moins de 85%.

L'autonomie en concentrés se caractérise par sa faible valeur moyenne : 32,1% en MS, 33,9% en énergie et seulement 20,3% en matières azotées. De plus, près d'une exploitation sur 3 (30 à 32%) achète la totalité de ses concentrés. Pour les autres, la dispersion est très grande, allant de la dépendance presque totale à l'autonomie complète. Les achats de concentrés azotés sont prépondérants puisque 25-30% des élevages sont autonomes à plus de 50% pour la MS et l'énergie, contre seulement 11,8% pour les MAT.

Les niveaux d'autonomie observés dans les réseaux lait de la région Pays-de-la-Loire (Tanghe, 2002) sont comparables pour l'autonomie en MS totale (3/4 des valeurs supérieures à 84%) et celle en fourrage (2 élevages sur 3 à plus de 99%) ; ils sont un peu plus élevés pour les autonomies en concentrés (seulement 1 élevage sur 6 est autonome à moins de 12% en MS et 13% ont une autonomie en MAT des concentrés supérieure à 60%).

Les relations entre les autonomies sont très fortes pour un type d'aliment donné (ration totale, fourrage ou concentré), avec une liaison maximale entre la MS et les UFL, en particulier pour les concentrés (tableau 4). La relation entre la MS et les MAT (de même qu'entre les UFL et les MAT) est linéaire pour l'autonomie totale et l'autonomie en fourrages avec une réduction de la dispersion des valeurs au fur et à mesure que l'autonomie augmente. La relation n'est pas linéaire pour les concentrés, traduisant le fait que plus les élevages achètent de concentré, plus ce concentré est azoté.

Les fourrages représentant la majeure partie de la ration, il est logique que l'autonomie en MS fourragère soit liée à l'autonomie en MS totale (tableau 5). La liaison est moins bonne pour l'énergie, et disparaît quand on raisonne en matières azotées. La relation entre les autonomies en concentrés et en ration totale est pratiquement la même en termes de MS, d'énergie et de MAT. Il n'y a aucune relation entre l'autonomie en fourrages et celle en concentrés ; pour une même forte autonomie en fourrages, certains élevages achètent peu de concentrés alors que d'autres sont très dépendants.

Tableau 4 : Relations entre les différents critères d'autonomie selon la nature des aliments (coefficients de corrélation).

Table 4 : Relationships among the various criteria of self-sufficiency according to the kind of feed (correlation coefficients).

Autonomie ration totale	UFLT	MATT	Autonomie fourrages	UFLF	MATF	Autonomie concentrés	UFLC	MATC
MST	0,986	0,815	MSF	0,978	0,923	MSC	0,998	0,916
UFLT		0,833	UFLF		0,903	UFLC		0,912

Tableau 5 : Relations entre les différents critères d'autonomie selon la composition des aliments (coefficients de corrélation).

Table 5 : Relationships among the various criteria of self-sufficiency according to feed composition (correlation coefficients).

Autonomie MS	MSF	MSC	Autonomie UFL	UFLF	UFLC	Autonomie MAT	MATF	MATC
MST	0,701	0,600	UFLT	0,649	0,633	MATT	0,412	0,644
MSF		0,156	UFLF		0,144	MATF		0,131

* Autonomie alimentaire des systèmes

Les valeurs moyennes des critères d'autonomie alimentaire des 11 systèmes sont présentées par ordre croissant d'autonomie totale en MAT dans le tableau 3. Tous les systèmes n'ont pas été comparés deux à deux. Trois types de différences ont été analysées et testées (tableau 6) : celles entre les exploitations en agriculture biologique et conventionnelle pour les systèmes spécialisés lait avec herbe de plaine (PSHBio *versus* PSH) ou de montagne (MSHBio *versus* MSH) ; celles entre les élevages de plaine spécialisés en lait avec de l'herbe (système PSH) ou beaucoup de maïs (systèmes PPM+ et PSM+) ; et enfin celles entre les élevages laitiers de plaine diversifiés avec de la viande à l'herbe (système PVH) ou de la viande intensive (système PVI).

Tableau 6 : Ecarts des différents critères d'autonomie entre certains systèmes (%) et niveaux de signification.

Table 6 : Differences of the various criteria of self-sufficiency among certain systems (%) and their levels of significance.

Comparaisons de systèmes	MS totale	MS fourrages	MS concentré	UFL totales	UFL fourrages	UFL concentré	MAT totales	MAT fourrages	MAT concentré
PSHBio / PSH	10,9 ***	3,9 °	29,4 ***	15,8 ***	6,3 *	31,5 ***	16,6 ***	NS	31,4 ***
MSHBio / MSH	8,4 **	NS	27,4 ***	12,5 ***	NS	29,6 ***	14,5 ***	NS	27,5 ***
PSH / PPM+	NS	NS	NS	NS	- 4,9 °	NS	21,7 ***	NS	16,2 **
PSH / PSM+	NS	- 3,7 °	NS	NS	- 5,9 *	NS	15,6 ***	NS	13,9 *
PVH / PVI	4,8 *	NS	NS	6,7 *	NS	NS	14,2 ***	NS	NS

° : p < 0,10 ; * : p < 0,05 ; ** : p < 0,01 ; *** : p < 0,001 ; NS : non significatif

Comme sur l'ensemble de l'échantillon, la variabilité des autonomies en concentré à l'intérieur d'un système est plus élevée que celles de la matière sèche totale ou des fourrages.

L'autonomie fourragère est élevée et peu différente entre les systèmes. Elle est un peu plus faible dans les élevages de plaine herbagers (système PSH) que dans ceux ayant plus de maïs (systèmes PPM+ et PSM+), en particulier en termes d'énergie (91,2% contre 96,1 et 97,1%). Dans ces systèmes herbagers de plaine, l'autonomie est un peu plus élevée en agriculture biologique (97,5% en UFL pour le système PSHBio contre 91,2% pour le système PSH) alors qu'il n'y a pas de différence dans les exploitations de montagne (MSHBio *vs* MSH).

Les élevages en agriculture biologique se distinguent nettement des autres en ce qui concerne les autonomies en concentrés. A même système, ils ont de 27 à 31 points d'autonomie de plus. Leur autonomie est environ deux fois plus élevée en quantité et valeur énergétique de concentrés (55 et 60% contre 28 et 30%) et 2,5 fois plus élevée en matières azotées (45 et 55% contre 18 et 23%). Les systèmes spécialisés lait avec beaucoup de maïs (PPM+ et PSM+) ont les plus faibles autonomies en concentrés, de l'ordre de 20% en MS et UFL et moins de 10% pour les matières azotées. Du fait de la grande variabilité de ces critères, seule la différence sur les MAT est significative avec les systèmes de plaine herbagers (PSH) qui dépassent les 20% d'autonomie. Les différences de nature de concentrés pour équilibrer les rations à base de maïs ou d'herbe sont évidemment à l'origine de ces valeurs.

L'autonomie alimentaire globale est également bien marquée par l'agriculture biologique. Elle est supérieure d'environ 10 points pour la MS et de 12 à 16 points pour l'énergie et les MAT. Les systèmes herbagers de plaine (PSH) ne se distinguent de ceux ayant beaucoup de maïs (PPM+ et PSM+) ni sur l'autonomie en MS (de l'ordre 80 à 84%), ni sur celle en UFL (75 à 78%). En revanche, ils sont beaucoup moins dépendants en matières azotées (76% d'autonomie contre 55 et 60%). Les systèmes diversifiés en viande intensive sont un peu moins autonomes que ceux produisant de la viande à l'herbe en ration totale, mais nettement moins en matières azotées (65% contre 79%).

Le classement suivant un gradient croissant en autonomie alimentaire azotée oppose les systèmes produisant du lait avec du maïs (PPM+ et PSM+) ou diversifiés avec des taurillons (PVI) aux systèmes biologiques (PSHBio et MSHBio) ou diversifiés en viande à l'herbe (PVH). Les systèmes intermédiaires avec de l'herbe ou un peu de maïs sont assez proches les uns des autres. Les systèmes de plaine (PSM et PSH) ont tendance à être plus autonomes en MAT que ceux de montagne (MSM et MSH), et les herbagers (PSH et MSH) plus dépendants en quantité totale de nourriture que ceux ayant du maïs (PSM et MSM).

La dépendance en matières azotées est proportionnellement plus forte quand l'autonomie globale en matière sèche diminue.

* Facteurs de variation de l'autonomie

Du fait de la faible variabilité des autonomies en fourrages et de la forte liaison entre les autonomies en MS et en UFL, seules les autonomies en MS totale, MAT totales, MS des concentrés et MAT des concentrés ont été étudiées. L'analyse n'a pas été faite "intra-système" mais a porté sur l'ensemble des exploitations, en prenant en compte l'effet système. Le tableau 7 présente les parts de variance expliquées par les différents facteurs. Le tableau 8 indique les pentes des régressions, c'est-à-dire la variation d'autonomie entraînée par une variation de une unité de la variable.

Tableau 7 : Part de variance expliquée par les différents facteurs (R^2 ajustés, %).

Table 7 : Part of the variance explained by the different factors (R^2 , adjusted).

Effet	MS totale	MAT totales	MS concentrés	MAT concentrés
Système (y compris effet agriculture bio)	18,8	39,8	14,3	29,6
Variables ajustées du système	22,7	21,1	3,9	6,5
Variables	40,8	60,5	12,7	23,6
Système ajusté des variables	0,7	0,5	5,5	12,6
Total	41,5	61,0	18,2	36,2

Tableau 8 : Effet des différentes variables sur divers critères d'autonomie (pentes des régressions \pm écart type).

Table 8 : Effect of the various factors on different criteria of self-sufficiency (slopes of regression lines \pm standard deviation).

Effet	MS totale	MAT totales	MS concentrés	MAT concentrés
Chargement (UGB/ha)	- 6,61 \pm 0,94	- 13,4 \pm 1,9		
% de VL dans les UGB	- 0,18 \pm 0,05	- 0,45 \pm 0,08		
Lait produit (10 000 litres)		0,48 \pm 0,11		
Lait / vache (1 000 litres)	- 1,31 \pm 0,51	- 4,18 \pm 0,86		- 2,20 \pm 1,19
Concentré / vache (100 kg)	- 0,65 \pm 0,12	- 1,30 \pm 0,17		
SAU (ha)		- 0,14 \pm 0,03		
SFP / SAU (%)	0,09 \pm 0,03	- 0,31 \pm 0,07		
Surface maïs (ha)		- 0,34 \pm 0,12		
Maïs / SFP (%)			- 0,36 \pm 0,13	
Protéagineux / SAU (%)			1,49 \pm 0,51	1,44 \pm 0,39
Ensilage de maïs / fourrages stockés (%)				0,41 \pm 0,14
Ensilage de maïs / UGB (100 kg)				- 1,62 \pm 0,43
Fourrages stockés / UGB (100 kg)				0,94 \pm 0,25

Un peu plus de 40% de la variation de l'autonomie en MS sont expliqués par le système et les variables caractéristiques des systèmes. L'effet du système (agriculture biologique ou non, et système intra-agriculture biologique ou intra-agriculture conventionnelle) devient insignifiant lorsque les variables explicatives sont prises en compte, ce qui signifie qu'elles suffisent à définir les systèmes. Les pentes des variables chargement, lait par vache et concentré par vache traduisent la relation négative entre l'autonomie en MS et le niveau global d'intensification. L'effet de la part de SFP dans la SAU est faiblement positif. L'interaction entre ces variables et le système est significative, ce qui signifie que l'effet moyen observé est variable d'un système à l'autre. Une étude intra-système est donc justifiée. La spécialisation laitière (% de vaches laitières dans les UGB) pourrait entraîner une augmentation de la consommation de concentrés et donc une baisse d'autonomie.

L'autonomie en matières azotées totales est expliquée à hauteur de 60% ; comme pour la matière sèche, l'effet du système de production est dû pour l'essentiel aux variables prises en compte. L'autonomie protéique est en liaison inverse avec l'intensification (chargement, lait et concentré par vache). Les effets opposés entre la quantité de lait produit et la SAU sont difficiles à expliquer dans la mesure où ces deux variables sont liées positivement. Il n'y a pas d'interaction entre les variables explicatives et le système.

L'autonomie en MS des concentrés est très faiblement expliquée : moins de 20% de la variabilité totale. Il reste un faible effet système non expliqué par les variables descriptives prises en compte. La présence de protéagineux semble un élément important de l'autonomie, mais la relation doit être interprétée avec prudence dans la mesure où la grande majorité des exploitations n'en cultive pas.

Les variations de l'autonomie en matières azotées des concentrés sont mieux expliquées que celles en quantité de matière sèche : 36,2%. La part de l'effet système (et en particulier de l'effet agriculture biologique), qui n'est pas redondante avec les variables, est relativement importante. Le lait par vache est comme précédemment un témoin de l'intensification, lié négativement à l'autonomie. Les effets positifs de la part de maïs dans les stocks et de la quantité de fourrages stockés par UGB s'opposent à l'effet positif de quantité de maïs stocké par UGB, alors que ces trois variables sont liées positivement entre elles. Cette apparente contradiction sur l'effet moyen cache sans doute des relations différentes selon les systèmes dans la mesure où il y a des interactions significatives entre les variables et les systèmes. L'effet de la présence de protéagineux est identique à celui observé sur la matière sèche des concentrés.

3. Les bilans minéraux

* Valeurs moyennes

Les résultats des bilans en azote, phosphore et potassium de l'échantillon sont respectivement de + 53 kg N, + 15 kg P₂O₅ et + 28 kg K₂O par ha de SAU (tableau 9). Ces bons résultats moyens sont plutôt corrects à dire d'experts et peuvent être expliqués par la proportion d'exploitations en agriculture biologique qui tire les moyennes vers le bas.

Tableau 9 : Résultats des bilans de l'ensemble de l'échantillon (253 exploitations) pour l'azote, le phosphore (P₂O₅) et le potassium (K₂O) (kg/ha SAU).

Table 9 : Balance results for the whole sampling of farms (253 farms) regarding nitrogen (N), phosphorus (P₂O₅), and potassium (K₂O) (kg/ha utilized farm area).

	Bilan N	Bilan P ₂ O ₅	Bilan K ₂ O
Moyenne	53	15	28
Médiane	55	14	23
Écart type	49	20	31
Minimum	- 37	- 24	- 32
Maximum	249	87	140
Gamme de variation	286	111	172

La gamme de variation minimum-maximum est importante, que ce soit sur l'azote (286 kg), le phosphore (87 kg) ou le potassium (140 kg). Les minimums en phosphore (- 24 kg/ha SAU) et en potassium (- 32 kg/ha SAU) sont très faibles et reflètent des situations qui décapitalisent en ces éléments. Le minimum en azote (- 37 kg/ha SAU) est moins problématique car on peut faire l'hypothèse d'une entrée d'azote par la fixation symbiotique qui vient équilibrer ce type de bilan négatif.

L'analyse statistique montre que les résultats des bilans azotés ne sont pas corrélés aux résultats des bilans phosphatés et potassiques. En revanche, les résultats des bilans phosphatés sont liés aux résultats des bilans potassiques. Sachant que la fertilisation est un facteur explicatif important du résultat du bilan (Farruggia *et al.*, 1995), on interprète ces résultats par le fait que la fertilisation azotée se raisonne indépendamment de la fertilisation phosphatée et potassique, alors que la fertilisation phosphatée va de pair avec la fertilisation potassique dans les exploitations.

* Bilan des minéraux et typologie des systèmes d'exploitation

Sur les 11 systèmes d'exploitation les plus représentés, les bilans azotés par système se situent entre - 15 kg N/ha, correspondant aux systèmes herbagers spécialisés de plaine biologiques (PSHBio) et + 104 kg N/ha pour les systèmes spécialisés de plaine avec maïs dominant (PSM+). Les écarts type par système sont importants, jusqu'à 57 kg N/ha (tableau 10).

Tableau 10 : Bilan N - P₂O₅ - K₂O par système (kg/ha SAU).

Table 10 : N - P₂O₅ - K₂O balance per system (kg/ha SAU).

Systeme	Effectif	Bilan N	Bilan P ₂ O ₅	Bilan K ₂ O
PPM+	17	87 ± 30	13	19
PSM+	28	104 ± 57	24	49
PSM	22	47 ± 24	6	22
PSH	8	61 ± 39	21	33
PVI	16	86 ± 30	17	24
PVH	37	52 ± 35	15	24
MSM	10	71 ± 42	24	50
MSH	34	54 ± 36	29	44
NC	11	49 ± 41	23	36
PSHBio	22	- 15 ± 11	- 6	2
MSFBio	11	- 4 ± 11	13	19

La différence entre les systèmes a été testée en comparant des systèmes deux à deux (tableau 11). Des différences significatives ont ainsi été mises en évidence entre les systèmes en agriculture biologique et les systèmes conventionnels, qu'ils soient de plaine ou de montagne (PSH et MSH), ainsi qu'entre les systèmes spécialisés herbagers et les systèmes de plaine spécialisés avec beaucoup de maïs (PSH / PSM+). Les systèmes avec de la viande intensive se différencient également bien des systèmes avec production de viande à l'herbe (PVH / PVI). Des différences moindres existent entre les systèmes herbagers spécialisés de plaine et les systèmes de polyculture-élevage avec beaucoup de maïs (PSH / PPM+). Ce résultat peut s'expliquer par des sorties importantes d'azote par les cultures de vente. On constate également une différence entre les systèmes spécialisés avec maïs modéré, selon qu'ils sont situés en plaine ou en montagne (PSM / MSM). En revanche, il n'y a pas de différence significative entre les systèmes herbagers spécialisés de plaine ou les systèmes herbagers spécialisés de montagne (PSH / MSH).

La liaison entre le résultat du bilan azoté et le chargement corrigé par ha de SFP (chargement corrigé des achats et ventes de fourrages) est apparue très lâche (R = 0,509). Quant aux résultats des bilans phosphatés et potassiques, on n'observe pas de liaison avec les systèmes, classés en fonction de leur niveau d'intensification.

Tableau 11 : Degré de signification statistique (probabilité p) des différences de bilan azoté entre systèmes.

Table 11 : Level of statistical significance (probability p) of the differences in N balance among systems.

Comparaison de systèmes	Bilan système 1 (kg N/ha)	Bilan système 2 (kg N/ha)	Degré de signification
PSH / PSHBio	+ 61	- 15	***
MSH / MSHBio	+ 54	- 4	***
PVH / PVI	+ 52	+ 86	***
PSH / PSM+	+ 61	+ 104	***
PSH / PPM+	+ 61	+ 87	°
PSM / MSM	+ 47	+ 71	°

° : p < 0,10 ; *** : p < 0,001

* Bilan des minéraux et autonomie

Les autonomies sur la ration totale et sur les concentrés en MAT, UFL et MS sont corrélées négativement au bilan azoté (tableau 12). L'autonomie en fourrages n'est pas corrélée au bilan, ce qui n'est pas surprenant puisque cette autonomie, étant élevée pour toutes les exploitations, n'est pas discriminante. C'est avec la matière azotée de la ration totale que la corrélation est la plus forte, ce qui est cohérent avec la formule de calcul de l'autonomie utilisée. Plus l'autonomie est élevée en MAT sur la ration totale, moins les achats d'azote *via* l'alimentation sont importants et, par conséquent, meilleur est le résultat du bilan.

Tableau 12 : Relations entre les critères d'autonomie et le bilan azoté sur l'ensemble des exploitations, classées par ordre décroissant de corrélation.

Table 12 : Relationships between the criteria of self-sufficiency and the nitrogen balance on the whole sample of farms, ranked in decreasing order of correlation.

Critères d'autonomie	MAT totales	MAT concentrés	UFL totales	MS totale	UFL concentrés	MS concentrés
Coefficients de corrélation	- 0,678	- 0,496	- 0,470	- 0,449	- 0,397	- 0,389

Tableau 13 : Relations entre différentes variables classées par ordre décroissant de R².

Table 13 : Relationships among different factors ranked in decreasing order of R².

Variables	R ² (moyennes par système)	R ² (253 exploitations)
Bilan N (kg/ha) x Entrées engrais minéral azoté (kg/ha SAU)	0,85	0,71
Bilan N (kg/ha) x Entrées aliments azotés achetés (kg/ha SAU)	0,79	0,47
Bilan N (kg/ha) x Autonomie MAT totales (%)	0,75	0,46
Entrées Fertilisation azotée (kg/ha) x Entrées aliments azotés achetés (kg/UGB)	0,79	0,38
Autonomie MAT totales (%) x Entrées fertilisation azotée (kg/ha)	0,78	0,29

Différentes relations entre les facteurs explicatifs du résultat du bilan et le bilan azoté ont été examinées et comparées à la relation avec l'autonomie en MAT totale (tableau 13) soit à partir des moyennes par système des 11 systèmes les plus représentés, soit à partir des valeurs sur l'ensemble des 253 exploitations. On confirme la très bonne relation entre les résultats du bilan azoté et la fertilisation azotée minérale par hectare, que ce soit sur les moyennes par système ou sur l'ensemble des exploitations (respectivement $R^2 = 0,71$ et $0,85$). La relation avec les achats d'aliments azotés par hectare est bonne sur les valeurs moyennes ($R^2 = 0,79$) du fait que l'on ait gardé pour l'analyse principalement les systèmes à dominante élevage. Elle est moins bonne sur l'ensemble de l'échantillon ($R^2 = 0,47$) car, dans certaines exploitations, cela revient à "diluer" les achats d'aliments azotés dans la SAU dont une partie plus ou moins importante peut être dévolue aux cultures de vente. La liaison du bilan azoté avec l'autonomie en MAT de la ration totale est la même que la précédente du fait que ces deux variables ont des significations très proches.

Ces constats nous ont amenés à examiner la relation entre la fertilisation azotée par hectare et les achats d'aliments azotés par hectare ou l'autonomie en MAT de la ration totale. La bonne relation que l'on observe sur les moyennes par système ($R^2 = 0,79$ et $0,78$) met en évidence que la conduite de l'alimentation azotée va de pair avec la conduite de la fertilisation azotée des cultures. Il y a une logique forte dans notre échantillon à "fertiliser beaucoup et acheter beaucoup de concentrés azotés" ou "fertiliser peu et acheter peu" comme dans le cas extrême des exploitations biologiques, avec entre les deux situations toute la gamme des situations intermédiaires. On ne rencontre pas de situations dans lesquelles les exploitations intensifieraient sur les surfaces pour produire des protéines en abondance, et améliorer l'autonomie protéique, et extensifieraient sur les animaux comme c'est le cas en Nouvelle-Zélande par exemple ; ou, à l'inverse, des exploitations qui intensifieraient sur les animaux et achèteraient beaucoup de concentrés, et extensifieraient sur les surfaces comme dans certains systèmes de montagne et notamment les systèmes francs-comtois. Les relations sur l'ensemble des exploitations de l'échantillon sont cependant beaucoup moins bonnes même si la tendance reste la même.

Conclusion

Ces premiers résultats confirment que les élevages laitiers sont, dans leur très grande majorité, pratiquement totalement autonomes en fourrages. Leur dépendance est beaucoup plus forte et variable vis-à-vis des concentrés, en particulier des compléments azotés, et des protéines alimentaires de façon générale.

Ces critères d'autonomie, de même que les bilans en azote à l'échelle de l'exploitation, opposent les systèmes les plus intensifs en termes de recours au maïs, de production par vache et de quantité de concentré par vache, aux systèmes extensifs et surtout à ceux conduits en agriculture biologique. Les systèmes intermédiaires utilisant beaucoup ou uniquement de l'herbe sont en moyenne aussi autonomes les uns que les autres.

La variabilité de l'autonomie à l'intérieur des systèmes et l'influence de variables caractérisant la structure et la conduite des exploitations montrent que l'analyse doit être poursuivie en travaillant à l'intérieur des systèmes de production.

Travail présenté aux Journées d'information de l'A.F.P.F.

"Fourrages, protéines et environnement : de nouveaux équilibres à construire",
les 27 et 28 mars 2003.

Cette publication est le résultat d'un travail collectif sur l'autonomie alimentaire auquel participent également : E. Beguin, P. Brunschwig, D. Caillaud, T. Charroin, F. Chenais, A. Le gall, C. Lopez et B. Rubin.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Farruggia A., Pichot L., Perrot C. (1995) : "Bilan apparent des minéraux et systèmes de production. Essai de hiérarchisation des systèmes à partir des réseaux d'élevage", *Renc. Rech. Ruminants*, 2, 355-360.

Hoden A., Coulon J.B., Faverdin P. (1988) : "Alimentation des vaches laitières", *Alimentation des bovins, ovins et caprins*, R. Jarrige éd., INRA, Paris, 476 p.

Institut de l'Élevage, CIVAM, CETA, GEL/ALDIS, GRAPEA. (1999) : *Le bilan des minéraux. Tome 1. Le cahier de l'éleveur : document de comptabilité azote, phosphore, potasse*, Institut de l'Élevage éd., 36 p.

Perrot C., Fraysse J.L. (2002) : "Diversité des exploitations d'élevage de ruminants : principaux facteurs et éléments de quantification à partir du recensement agricole 2000", *Renc. Rech. Ruminants*, 9, 165-168.

Petit M. (1988) : "Alimentation des vaches allaitantes", *Alimentation des bovins, ovins et caprins*, R. Jarrige éd., INRA, Paris, 476 p.

Tanghe T. (2002) : *Traçabilité et autonomie alimentaire dans les élevages laitiers des Pays de la Loire : caractérisation des systèmes permettant l'autonomie alimentaire*, mémoire de fin d'études ISA de Lille, 58 p.

SUMMARY

Food self-sufficiency and mineral balances on dairy cattle farms according to production systems

Food self-sufficiency is aimed at for technical and economical reasons, and also for the brand image of products. An analysis based on data by 'Réseaux d'Élevage' (a network of animal farms) made it possible to characterize feed self-sufficiency on dairy cattle farms and the corresponding mineral balances according to their production systems.

Feed self-sufficiency is defined as the ratio between the feed produced and the feed consumed. It is then sub-divided according to the kind of feed (total diet, forages and concentrates) and to feed composition (dry matter DM, Feed Units for milk UFL, protein). For the farms as a whole, global self-sufficiency is large (86.2% for DM, 71.4% for protein), but as regards concentrates, it is much smaller (32.1% for DM, 20.3% for protein). On an average, the mineral balances amount to +53 kg N, +15 kg P₂O₅, and +28 kg K₂O per hectare utilized farm area. P and K balances vary concurrently, but independently of the N balance, which is negatively linked to protein self-sufficiency. As regards both self-sufficiency and mineral balances, organic farming systems stand sharply apart. Systems that use much maize are less self-sufficient, but there is little difference between the systems based on grass and those that use a little maize. Self-sufficiency goes down when the level of intensification rises.