

Influence du niveau de production laitière et du système d'alimentation sur les rejets azotés du troupeau

L. DELABY, J.L. PEYRAUD, R. VERITE

INRA, Station de Recherches sur la Vache laitière, 35590 Saint-Gilles

RÉSUMÉ - Dans certaines régions, l'activité d'élevage est souvent présentée comme le principal responsable des pollutions par les nitrates d'origine agricole. La maîtrise des rejets azotés et leur valorisation devient de fait une préoccupation importante, même pour les élevages laitiers. Les simulations réalisées à l'aide du logiciel INRAtion ont permis de quantifier les rejets azotés (fèces et urine) des vaches laitières et d'analyser l'effet des principaux facteurs de variations. L'augmentation du potentiel des animaux entraîne un accroissement inévitable des restitutions azotées par vache mais une réduction des quantités d'N excrétées par tonne de lait produite. Tout excès d'azote par rapport aux besoins de l'animal, qu'il soit d'origine fourragère (herbe fertilisée, au pâturage ou en ensilage) ou issu de la complémentation (utilisation libérale de concentré, % en MAT inadaptée), se traduit par une augmentation importante de l'excrétion d'azote urinaire. Les quantités d'N exportées dans les fèces varient très peu, essentiellement avec le niveau d'ingestion. Des solutions alimentaires existent pour limiter et réduire dans certains cas les rejets azotés mais certaines ne peuvent se raisonner sans intégrer la surface fourragère, base de l'alimentation des ruminants et de la valorisation des déjections animales.

Effect of milk yield level and feeding systems on N excretion in dairy cows

L. DELABY, J.L. PEYRAUD, R. VERITE

INRA, Station de Recherches sur la Vache laitière, 35590 Saint-Gilles

SUMMARY - Animal production is often pointed out as a major source of potentially harmful emissions in intensive production areas, especially with regards to nitrogen (N) surplus and nitrate leaching. Reducing N emission is now an important challenge, even for dairy farming. This paper reports the modelling of N flow from feed to milk production and of N output in the urine and faeces of dairy herds. Calculations were made according to the French system of nitrogen nutrition of ruminants (PDI system) and the INRAtion software. The amount of N excreted in faeces is quite constant when expressed per kg of dry matter intake (7.2 g) and only increases with the level of intake. Any increase in the production level of the cow leads to an increase in N intake and in the N excreted in urine, but result in a proportional decrease in N emissions per tonne of milk produced. Any inadequate N input always leads to a sharp increase in N excretion in urine because of the low marginal milk yield response. This excess of N input may originate from concentrate or forage with too high a content of N (high level of fertilization, even for grazing or feeding silage) as well as a liberal supply of concentrate. This study outlines some effective possibilities to lower N excretion by dairy herds. However, these possibilities would always require to consider the area used for forage production because they are used both to provide feed to the ruminants and to spread slurry.

INTRODUCTION

Au cours des 30 dernières années, l'élevage du Nord de l'Europe a connu une forte expansion qui s'est traduit par le développement de bassins de production intensifs, caractérisés par la spécialisation et la concentration des élevages. En élevage laitier, l'amélioration de la productivité des exploitations s'est accompagné d'une augmentation sensible du chargement, permis par l'utilisation d'intrants tels que la fertilisation N-P-K et la complémentation en concentrés. Cette dynamique, bien que partiellement freinée par l'instauration des quotas laitiers, a eu pour corollaire une augmentation importante des volumes de déjections à gérer par exploitation. Les ruminants, herbivores par nature, exploitent directement des surfaces agricoles importantes susceptibles de valoriser ces déjections et notamment l'azote organique. Néanmoins, dans certaines régions, la présence d'excédents structurels d'azote (N) provenant des déjections devient, même pour les élevages laitiers, une préoccupation majeure compte tenu des nouvelles contraintes environnementales (directive "Nitrates").

Face à cette situation, la démarche a souvent consisté à s'intéresser au **devenir de l'azote des déjections animales** (Germon, 1989; Calvet, 1990; François et al, 1992), au travers leur valorisation agronomique ou leur traitement industriel. Une approche complémentaire consiste à mieux **maîtriser les quantités d'azote des déjections**, et notamment à analyser le rôle de l'animal, de son alimentation et des pratiques d'élevage sur les restitutions d'azote via l'urine et les fèces (Dewhurst et Thomas, 1992; Van Vuuren et Meijs, 1987).

L'objectif de cet article est de quantifier, à partir de simulations de rationnement, l'incidence de quelques facteurs de production tels que le potentiel laitier, la nature de la ration de base et/ou la politique de complémentation sur les flux d'azote annuels chez les vaches laitières. Les calculs se limitent aux quantités d'azote excrétées dans l'urine et les fèces, sans présager de leur devenir (pertes durant la collecte et le stockage, volatilisation,...) et de leur utilisation agronomique.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les quantités d'azote (N) exportées ont été calculées en admettant l'égalité: $N_{\text{ingéré}} \text{ (g/j)} = N_{\text{lait}} + N_{\text{fèces}} + N_{\text{urine}} + N_{\text{fixé}}$. Chez la vache laitière, la part d'azote fixé (veau + muscle) est négligeable à l'échelle de la lactation. La quantité de MS ingérée a été calculée à l'aide du logiciel INRAration (1994), qui a permis d'optimiser les rations sur la base de la capacité d'ingestion, des besoins en énergie

(UFL), et si possible, des besoins en PDI des animaux. Les différentes situations de rationnement étudiées concernent l'ensilage de maïs (8,2% MAT - N°428, INRA 1988), l'ensilage d'herbe (11,2 ou 15,1 % MAT - N°395, 385) et le RGA pâturé (14,2; 17,9 ou 22,3 % MAT - N°131, 129, 128). La complémentation a été raisonnée en associant un concentré énergétique (30% de pulpes - N°599 et 70% d'orge - N°616), du tourteau de soja tanné (N°678) et de l'urée (N° 714) ou du tourteau de soja (N° 676). Les calculs ont été réalisés mois par mois, au cours du cycle lactation-tarissement chez des vaches laitières adultes. Les productions laitières totales (PLt en 305 j) ont été fixées à 6000, 7500 et 9000 kg de lait 4% produits en admettant une persistance mensuelle de 91 % et un pic de production égal à PLt/200. La quantité d'N exportée dans le lait a été fixée en moyenne à 5,1 g / kg de lait.

L'azote excrété dans les fèces, peu variable selon la composition des rations, est directement relié aux quantités totales ingérées (7,2 g N / kg MSI). L'azote urinaire, exutoire normal et très variable, a été calculé par différence avec les 3 composantes explicitées ci-dessus. La distinction entre l'N fécal et urinaire semble importante à considérer de par leur origine (fraction indigestible ou élimination des excédents), leur composition (organique ou rapidement minéralisable), leur évolution (peu soluble ou très volatil) et enfin de par leur restitution séparée au pâturage.

2. RÉSULTATS-DISCUSSION

Avec un régime à base d'ensilage de maïs (EM) durant toute l'année, complémenté strictement aux besoins UFL et PDI, la vache laitière (7500 kg de lait) ingère 131 kg d'N, dont 50 % proviennent du concentré (Tableau 1). L'azote des déjections représente alors environ 91 kg, soit 30 et 40 % de l'ingéré éliminés respectivement dans les fèces et l'urine. Ces quantités constituent sans doute le minimum réalisable sans pénaliser la production laitière.

2.1 EFFET DU STADE DE LACTATION ET DU NIVEAU DE PRODUCTION

Quelle que soit la ration de base, les quantités d'azote exportées dans les déjections sont maximales au 2ème et 3ème mois de lactation. Avec l'EM bien complémenté, l'azote exporté dans le lait, les fèces et l'urine se répartit alors environ par tiers (150 à 170 g/j). Puis, entre le 2ème et le 10ème mois de lactation, dans cette situation de rationnement équilibrée, l'azote exporté par jour dans les fèces et l'urine diminue respectivement de 45 et 55 g, soit finalement 30 % de rejets en moins. Durant le tarissement, l'azote des déjections représente pratiquement la totalité de l'azote

Tableau 1 : Effet du niveau de production sur les flux d'azote annuels (EM toute l'année - 8,2 % MAT).

Flux de N annuel Lait (kg/an)	Kg/vache			Kg/tonne de lait		
	6000	7500	9000	6000	7500	9000
Ingéré	112	131	149	18,5	17,5	16,5
N concentré (% N ingéré)	45	50	55			
Lait (+ veau)	32	40	48	5,3	5,3	5,3
Fèces	37	42	46	6,2	5,6	5,1
Urine	43	49	55	7,2	6,5	6,1

Tableau 2 : Effet de la nature du régime sur les flux d'azote annuels (PLt=7500 kg).

Régime (%MAT)	E.Herbe (15 %)	E.Maïs + Pât (18 %)	E.Herbe + Pât (18%)	E.Maïs + Pât (22%)	E.Herbe + Pât (22%)
Ingéré (kg)	153	161	171	180	192
Lait (+ veau)	40	40	40	40	40
Fèces	38	44	42	44	42
Urine	75	77	89	96	110

Pour les régimes mixtes, le pâturage est utilisé durant les 6 derniers mois de la lactation (Avril à Sept)

ingéré et l'N fécal varie entre 80 et 100 g/j selon la politique de rationnement.

Dans le cas d'une ration à base d'EM, une augmentation du niveau de production laitière de 1000 kg correspond à une augmentation linéaire des rejets azotés annuels par animal (respectivement +3,3 et +4,0 kg dans les fèces et l'urine - Tableau 1) et une diminution des rejets N par tonne de lait produite (-0,37 kg N à la fois dans les fèces et l'urine). Mais cette amélioration de l'efficacité a pour conséquence une augmentation des entrées d'N exogène sur l'exploitation du fait d'une consommation supérieure de concentré plus riche en azote. A même effectif et même chargement, le bilan azoté de l'élevage s'en trouve dégradé. A l'inverse, il s'améliore en situation de quotas par exploitation puisque le nombre de vaches et le chargement diminuent.

2.2 EFFET DU TYPE DE RÉGIME ET DE LA POLITIQUE DE COMPLÉMENTATION

A même niveau de production (7500 kg), l'utilisation d'un régime à base d'herbe, ensilée et/ou pâturée conduit à des rations plus riches en MAT que le régime EM bien complétement, en particulier lorsque l'herbe est fortement fertilisée. Ceci a pour conséquence essentielle une augmentation importante des rejets azotés urinaires, sans variations significatives de l'azote fécal (Tableau 2). Ainsi, entre régimes extrêmes (E.Maïs vs E.Herbe+Pât), les rejets azotés totaux s'accroissent de 67 % et la totalité de l'N ingéré en plus est éliminée par voie urinaire (+61 kg).

Tout déséquilibre ou excès d'apports azotés (PDIN>PDIE ou PDIE>Besoins), consécutifs à la nécessaire fertilisation des prairies, à une utilisation "libérale" de concentrés riches en azote - pour des raisons économiques, de sécurité nutritionnelle ou de simplification des pratiques de rationnement - se traduit par un rendement marginal des protéines du lait faible (Vérité et Peyraud, 1988) et en conséquence un accroissement important des rejets azotés urinaires (Peyraud et al, 1995).

2.3 EFFET DE LA STRATÉGIE D'ALIMENTATION ET DE LA CONDUITE DU TROUPEAU

Les principaux facteurs de variation évoqués ci-dessus doivent être combinés et associés à la durée de stabulation du troupeau, afin de quantifier les rejets azotés fécaux et urinaires par vache restitués en bâtiment. Le tableau 3 présente les résultats obtenus dans le cas de vélages d'automne (01/10), avec une large gamme de teneur en N des fourrages et des concentrés, pour des durées de stabulation variant de 3 à 12 mois et 3 stratégies de complémentation (optimum énergétique, + ou - 20 %). A condition de définir des hypothèses fiables concernant les pertes en cours de stockage

(collecte incomplète, volatilisation...), il est ainsi possible, à partir de ce tableau, de calculer les quantités d'azote maîtrisables annuelles selon différentes modalités de conduite du troupeau.

Pour un niveau de production donné, l'N urinaire varie du simple au triple. Ces écarts confirment le rôle important des stratégies d'alimentation dans la maîtrise des rejets azotés par les ruminants. Pour une durée de stabulation donnée, l'azote fécal évolue peu.

La réduction des rejets azotés par les vaches laitières peut être envisagée selon 2 axes: 1- Réduction des entrées d'N et 2- Amélioration de l'efficacité de l'N. Le premier point reste, à court terme, le plus efficace notamment lorsqu'il se traduit par une "chasse au gaspillage" grâce à l'utilisation d'une complémentation adaptée en quantité et qualité (% MAT, N dégradable) aux fourrages de la ration de base ou grâce à l'association de fourrages complémentaires dans leur rapport UFL/PDI au regard des besoins de l'animal. A ce titre, le système PDI (Vérité et Peyraud, 1988) et son prolongement par le logiciel INRation (1994) permettent de raisonner et d'optimiser à la fois la nutrition azotée du rumen et du ruminant. La réduction des excès d'N des fourrages, notamment pour l'herbe pâturée ou ensilée, est envisageable en agissant surtout sur le niveau de fertilisation des prairies. Cette voie d'action, efficace, aura alors pour double effet une réduction des rejets azotés par animal et par hectare du fait de la diminution du chargement. Mais un tel choix ne peut s'improviser et doit intégrer l'ensemble des réactions en chaîne qui risquent de modifier l'équilibre du système fourrager (Aarts et al, 1992).

3. CONCLUSION

La synthèse des simulations présentée ci-dessus constitue une base réaliste, utile aux réflexions engagées concernant l'impact des troupeaux laitiers sur les flux d'azote en agriculture. La maîtrise de la nutrition azotée des vaches laitières constitue un moyen d'action à la disposition de l'éleveur pour contrôler - voire réduire - à la source les restitutions azotées des déjections. Mais il faut se garder de conclusions hâtives et simplistes auxquelles aboutirait l'analyse isolée des seuls effets de l'alimentation. L'élevage des ruminants est indissociable du contexte agronomique du système fourrager qui intègre, entre autre, des possibilités importantes de valorisation des déjections animales. Chaque phase du cycle de l'azote constitue une étape dont le bilan contribue ou non aux pertes dommageables de nitrates.

Tableau 3 : Quantités d'N fécal et urinaire (kg) excrétées par vache en bâtiment selon le niveau de production laitière annuel, la durée de stabulation, la teneur en MAT du fourrage, la quantité et la teneur en MAT de concentré distribué (Vêlage du 01-10)

Durée en stabulation	12	12	12	9	9	9	6	6	6	3	3	3
Mois concernés				Jt-Mr	Jt-Mr	Jt-Mr	Oc-Mr	Oc-Mr	Oc-Mr	De-Fv	De-Fv	De-Fv
Lactation totale (kg)	6000	7500	9000	6000	7500	9000	6000	7500	9000	6000	7500	9000
Lait en stabulation (kg)	6000	7500	9000	4620	5775	6930	4200	5250	6300	2040	2550	3060

1/ Complémentation optimale (par rapport aux besoins énergétiques)

	MSI f	5171	5171	5171	3793	3793	3793	2620	2620	2620	1376	1376	1376
	MSI c	450	916	1383	449	808	1168	414	740	1067	207	366	524
	N fèces	40	44	47	31	33	36	22	24	27	11	13	14
MAT f	MAT c	N urine											
80	370	--	--	55	--	--	47	--	--	38	--	--	19
	470	--	53	77	--	47	65	--	38	55	--	20	28
	570	--	68	99	35	60	84	28	50	72	15	25	36
	670	43	82	121	43	73	103	35	62	89	18	31	45
120	220	44	49	55	35	39	43	--	--	--	--	--	16
	320	51	64	77	42	52	62	28	37	46	15	20	24
	420	58	79	99	49	65	80	35	49	63	19	25	32
	520	66	93	121	56	77	99	41	61	80	22	31	41
160	220	77	83	88	59	63	67	38	42	46	21	23	24
	320	84	97	110	66	76	86	45	54	63	24	28	33
	420	92	112	132	73	89	105	52	66	80	27	34	41
	520	99	127	154	80	102	123	58	78	97	31	40	50
200	120	103	101	99	76	74	73	49	47	46	26	26	25
	220	110	116	121	83	87	91	55	59	63	30	31	33
	320	117	130	143	90	100	110	62	71	80	33	37	42

2/ Accroissement des apports de concentré de 20 %

	MSI f	5117	5061	5005	3739	3696	3653	2570	2531	2492	1351	1332	1313
	MSI c	540	1100	1659	539	970	1401	497	888	1280	249	439	629
	N fèces	41	44	48	31	34	36	22	25	27	12	13	14
MAT f	MAT c	N urine											
80	370	--	--	68	--	42	58	--	34	48	--	17	24
	470	--	65	95	--	57	80	27	48	69	14	24	35
	570	--	82	122	43	73	103	35	62	89	18	31	45
	670	52	100	148	51	88	125	43	76	110	22	38	55
120	220	46	53	61	36	42	48	--	--	34	--	15	18
	320	55	71	87	45	58	70	31	43	54	17	22	28
	420	63	88	114	54	73	93	39	57	75	21	29	38
	520	72	106	140	62	89	115	47	71	95	25	36	48
160	220	79	86	93	60	66	71	40	45	50	21	24	26
	320	87	103	119	69	81	94	48	59	70	25	31	36
	420	96	121	146	78	97	116	56	73	91	29	38	46
	520	105	138	172	86	112	138	64	87	111	33	45	56
200	120	103	100	98	76	74	72	48	47	45	26	25	25
	220	111	118	125	84	89	94	56	61	66	30	32	35
	320	120	136	151	93	105	117	64	75	86	34	39	45

3/ Réduction des apports de concentré de 20 %

	MSI f	5216	5262	5309	3838	3874	3910	2661	2694	2726	1397	1413	1429
	MSI c	360	733	1106	359	647	934	331	592	854	166	293	420
	N fèces	40	43	46	30	33	35	22	24	26	11	12	13
MAT f	MAT c	N urine											
80	370	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	470	--	--	59	--	36	50	--	29	41	--	15	21
	570	--	53	77	--	47	65	--	38	55	--	19	28
	670	--	65	94	34	57	80	27	48	68	14	24	34
120	220	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	320	48	57	66	38	45	53	25	32	38	14	17	20
	420	54	69	84	44	56	68	30	41	52	16	22	27
	520	59	81	102	50	66	83	36	51	65	19	26	33
160	220	75	79	83	57	60	63	37	39	42	20	21	22
	320	81	91	100	63	70	78	42	49	56	23	26	29
	420	87	103	118	69	81	93	47	58	69	25	31	36
	520	93	114	136	74	91	108	53	68	83	28	35	43
200	120	103	101	99	76	74	73	49	47	46	26	26	25
	220	109	113	117	82	85	88	54	57	59	29	30	32
	320	115	125	134	87	95	103	59	66	73	32	35	38

MSI f : MS ingérée de fourrage (kg)
MSI c : MS ingérée de concentré (kg)
MAT f : MAT du fourrage (g/kg)
MAT c : MAT du concentré (g/kg)

N fèces : quantités d'azote excrétées dans les fèces (kg)
N urine : quantités d'azote excrétées dans l'urine (kg)
-- : situation alimentaire irréaliste par rapport au lait attendu durant la période considérée

RÉFÉRENCES

- AARTS H.F.M., BIEWINGA E.E., VAN KEULEN H., 1992. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 40, 285-299
- CALVET R. (ed), 1990. *Nitrates-Agriculture-Eau*. INRA Paris, France
- DEWHURST R.J., THOMAS C., 1992. *Livestock Production Science*, 31, 1-16
- FRANCOIS E., PITHAN K., BARTIAUX-THILL N. (eds), 1992. *Nitrogen cycling and leaching in cool and wet regions of Europe*. COST 814 CEC. Gembloux, Belgique
- GERMON J.C. (ed), 1989. *Management systems to reduce impact of nitrates*. Elsevier Science Publishers, London, Great-Britain
- INRA, 1988. *Tables de la valeur nutritive des aliments*. Paris, France. 356-443
- INRA, 1994. *Logiciel d'aide au rationnement*. Travail collectif coordonné par J. AGABRIEL. Ed ENESAD-CNERTA 21000 Dijon, France.
- PEYRAUD J.L., VERITE R., DELABY L., 1995. *Fourrages*, 142, 131-144
- VAN VUUREN A.M., MEIJS J.A.C., 1987. In VAN DER MEER H.G. et al (Eds), *Animal manure on grassland and fodder crops*. Wageningen, Netherlands. 17-26
- VERITE R., PEYRAUD J.L., 1988. In JARRIGE R. (Ed), *Alimentation des bovins, ovins et caprins*, INRA Paris, France. 75-93

