

Rejets azotés chez la vache laitière : effets du type d'alimentation et du niveau de production des animaux

J.L. Peyraud, R. Vérité, L. Delaby

Au cours des dernières décennies, l'évolution des méthodes d'élevage a permis d'améliorer la productivité des animaux et de mieux maîtriser la qualité des produits obtenus (lait, viande, oeufs), tout en minimisant les coûts de production. Mais la spécialisation et l'intensification des élevages se sont accompagnées d'un accroissement des entrées d'engrais inorganiques et d'aliments concentrés sur l'exploitation. Actuellement, les entrées de N, P et K sur les exploitations laitières intensives excèdent de beaucoup les sorties par les produits animaux. Ce déséquilibre peut être à l'origine de risques substantiels de pollution pour l'environnement. Il faut toutefois noter que, pour les ruminants, cet effet négatif est contrebalancé par leur fonction d'herbivore (maintien et entretien de larges surfaces en herbe...). Néanmoins, **la réduction de ces rejets sera probablement à l'avenir un challenge** pour les élevages, y compris pour les ruminants.

Une enquête récente (SIMON, 1995) sur 150 exploitations laitières montre que les excédents d'azote (entrées – sorties) **dépendent en partie du niveau de chargement**. Mais la grande variabilité du bilan à même chargement indique également

MOTS CLÉS

Azote, efficacité de l'azote, fertilisation, intensification, ration de base, restitutions, système fourrager, vache laitière.

KEY-WORDS

Basic diet, dairy cow, excreta returns, fertilization, forage system, intensification, nitrogen, nitrogen efficiency.

AUTEURS

Station de Recherches sur la Vache Laitière, I.N.R.A., F-35590 St-Gilles.

l'existence de marges de manoeuvre importantes. Les données expérimentales rapportées par WEISSBACH et ERNST (1994) illustrent également l'effet de l'intensification sur les bilans azotés des exploitations bovines.

Pour réduire ces excédents d'azote, il importe de bien situer les principaux points clés du cycle de l'azote vu à l'échelle de l'élevage. Les principales entrées d'azote sont rappelées à la figure 1 ainsi que les transferts opérés dans le système sol-plante-animal. Les entrées sont constituées essentiellement par les achats d'engrais et d'aliments, mais aussi par la fixation symbiotique des légumineuses, et éventuellement l'utilisation de déjections provenant d'élevages voisins. Parmi les sorties, il faut distinguer les sorties utiles dans les produits destinés à la consommation humaine (lait, viande et oeufs) des rejets dans les bouses ou l'urine qui ont un intérêt agronomique, mais sont potentiellement polluants. Les déjections sont généralement réutilisées comme fertilisants, mais avec des pertes importantes entre l'excrétion par l'animal et les quantités réellement valorisées par les plantes. Ces pertes (ruissellement, volatilisation, dénitrification, lessivage de nitrate) ont lieu à différentes étapes du cycle (collecte incomplète à l'étable, au cours du stockage, au cours des trajets des animaux, sur le champ après épandage ou au cours des remaniements dans le sol). Le prélèvement utile de la plante est en outre très variable selon les conditions climatiques, les pratiques agronomiques, le moment et la quantité de l'apport et le mode de restitution (pâturage ou épandage).

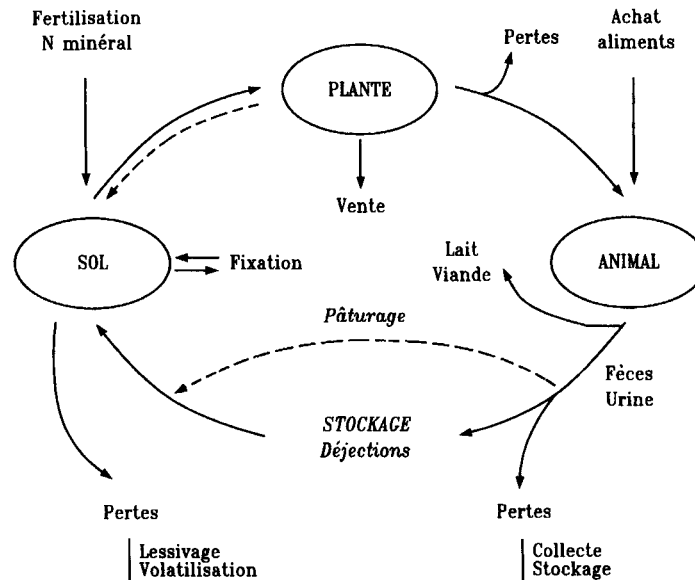


FIGURE 1 : Les déjections animales dans le cycle de l'azote.

FIGURE 1 : Animal excreta in the nitrogen cycle.

Pour limiter ces pertes, il convient certainement de diminuer le gaspillage évident provoqué par des entrées excessives ou les marges de sécurité trop larges souvent adoptées. Il serait aussi envisageable, en allant plus loin, de réduire la productivité des surfaces ou des troupeaux (moindre intensification), mais se pose alors de façon cruciale le problème de la rentabilité économique de l'exploitation. Enfin, une troisième voie consiste à chercher à améliorer l'efficacité d'utilisation à tous les points clés du cycle par des pratiques optimales, que ce soit au niveau agronomique ou de l'élevage. Cependant jusqu'à maintenant, les recherches sur la limitation des risques de pollution ont surtout mis l'accent sur les aspects agronomiques de la production de fourrage et sur l'utilisation des déjections animales stockées ou directement restituées au pâturage (VAN DER MEER et al., 1987 ; t'MANNETJE et FRAME, 1994), sans doute parce que les marges de progrès et les moyens d'action y sont importants. Peu de travaux concernent **la réduction des rejets par une meilleure maîtrise de la nutrition des animaux**. Les données publiées à ce jour restent fragmentaires (VAN VUUREN et MEIJS, 1987 ; WEISSBACH et ERNST, 1994) et ne concernent que certains systèmes de production existant en France.

L'objectif de cet article, centré sur l'alimentation de l'animal, est de **fournir des éléments chiffrés de rejets azotés qui pourront servir de base au raisonnement des agronomes, ainsi que quelques réflexions** non exhaustives sur les solutions pratiques pouvant être mises en oeuvre dès maintenant ou envisageables à l'avenir pour limiter les rejets du troupeau. **Notre approche se limite volontairement aux quantités d'azote excrétées par l'animal**. Les valeurs présentées diffèrent donc largement des quantités réellement retournées sur le champ puisqu'elles ne prennent pas en compte les pertes par volatilisation au moment de l'émission, de la collecte et du stockage des déjections, ni celles liées aux récoltes incomplètes à l'étable. Les données présentées doivent aussi être replacées dans le contexte agronomique du système fourrager de l'exploitation qui détermine les rejets de l'animal, mais aussi les possibilités d'épandage et la valorisation par la plante. Après avoir rappelé l'origine des pertes azotées chez la vache laitière, nous aborderons successivement les 3 grands facteurs de variation du bilan azoté du troupeau : le potentiel de production de l'animal, le système fourrager de l'exploitation et la stratégie de complémentation des animaux.

Origine et nature des rejets azotés

L'azote des bouses est constitué de 3 fractions distinctes qui sont l'azote alimentaire non digéré, l'azote microbien correspondant aux corps microbiens produits dans le rumen et non digérées dans l'intestin et ceux produits dans le gros intestin, et enfin l'azote d'origine endogène qui correspond aux desquamations de l'épithélium intestinal et aux sécrétions digestives non réabsorbées (figure 2). Chacune de ces fractions peut varier selon les régimes, mais les conséquences pratiques restent limitées. **La quantité de N excrétée dans les bouses est très corrélée aux quantités**

ingérées et, en pratique, on peut retenir qu'une vache excrète 7,5 g N/kg MS ingérée. Ce coefficient est peu affecté par la teneur en N du régime, comme l'illustre les travaux rapportés par PEYRAUD (1993).

A l'inverse, la quantité d'azote urinaire est très variable et constitue l'exutoire de tout excès de la ration car l'animal ne stocke pas (ou des quantités négligeables) d'azote. L'azote de l'urine provient de l'usure normale des protéines corporelles (entretien), de l'accroissement de l'activité métabolique liée à la production de lait et surtout de tout excès ou déséquilibre des apports par rapport aux besoins réels. Dans l'alimentation des ruminants, ces déséquilibres se jugent à 2 niveaux différents : au niveau du rumen, en matière d'apport d'azote dégradable par rapport aux besoins des microbes, et au niveau de l'intestin, en matière d'acides aminés par rapport aux besoins de l'organisme. L'azote dégradable en excès dans le rumen et les acides aminés en excès ou en déséquilibre dans l'organisme sont catabolisés en urée et excrétés. C'est donc essentiellement la fraction uréique de l'urine qui est affectée par le déséquilibre azoté du régime. Ainsi, l'urée peut représenter moins de 10% de l'azote urinaire pour des régimes pauvres en azote dégradable ou encore chez les vaches

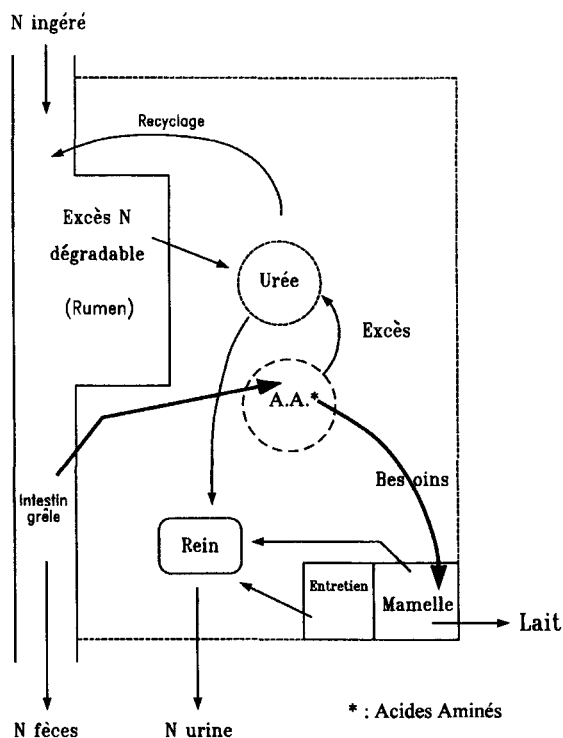


FIGURE 2 : Représentation schématique du métabolisme de l'azote chez la vache laitière.

FIGURE 2 : Schematic picture of nitrogen metabolism in dairy cows.

en début de lactation. A l'inverse, elle peut représenter plus de 80% de l'azote total pour des régimes très excédentaires ou des animaux fortement suralimentés.

Il importe de distinguer les fèces et l'urine car leur pouvoir polluant potentiel est très différent. L'azote des bouses est sous forme organique peu soluble et n'est pratiquement pas lessivable. A l'inverse, l'azote de l'urine est principalement sous forme organique simple rapidement transformable en formes minérales qui sont lessivables, plus facilement volatiles mais aussi plus rapidement utilisables par la plante. Le "risque polluant" de l'urine apparaît donc très supérieur à celui des bouses, alors même que c'est la fraction la plus variable.

Facteurs de variation des rejets azotés

La mise en place dans la pratique depuis maintenant plus de 15 ans du système PDI de nutrition azotée des ruminants (INRA, 1978) a déjà permis de réaliser des progrès importants en permettant de raisonner "au plus juste" les apports azotés chez les ruminants. C'est pourquoi le gaspillage d'azote est sans doute moins élevé et moins direct au niveau de la nutrition de l'animal que lors de l'utilisation agronomique des déjections et de l'azote minéral. Cependant, le bilan azoté de l'animal peut varier de manière importante, notamment en fonction de son niveau de production et du système d'alimentation (type de fourrage, politique de complémentation...). Pour apprécier l'ampleur de ces variations dans les conditions pratiques d'alimentation, une simulation réaliste et détaillée a été effectuée. Elle est basée sur une évaluation mensuelle des consommations et des productions des vaches laitières et fait appel à des calculs de ration réalisés par le logiciel INRAtion (1994). Les résultats concernent donc des quantités annuelles d'azote excrétées pour une vache laitière alimentée avec le même régime tout au long du cycle lactation-tarissement.

● Importance des flux d'azote pour une vache laitière sur une année

Afin de fixer l'ordre de grandeur des flux d'azote annuels, considérons d'abord une vache laitière produisant 7 500 kg de lait avec un régime à base d'ensilage de maïs tout au long de l'année et recevant une alimentation azotée ajustée au mieux à tout moment selon les recommandations du système PDI (tableau 1). Avec ce régime, la vache ingère 131 kg N/an dont la moitié provient du maïs ensilage et la moitié des concentrés. Elle exporte environ 40 kg N/an avec le lait et la production d'un veau, soit environ le tiers de l'azote ingéré. Elle excrète le reste à peu près pour moitié dans les fèces et l'urine. Ces rejets correspondent alors à 91 kg N/vache, soit encore à 182 kg/ha pour une exploitation dont le chargement serait de 2 vache/ha. Ce régime correspond à l'optimum de ce qu'il est actuellement possible de réaliser sans pénaliser la production des animaux (régime "idéal") compte tenu des connaissances sur la nutrition azotée des ruminants. Il faut toutefois noter que ce régime

Niveau de production (kg lait/an)	6 000	7 500	9 000	Niveau de production (kg lait/an)	6 000	7 500	9 000
Entrées N (kg/vache/an)	112	131	149	Sorties N des fèces + urine			
dont fourrage	62	65	66	- en kg/vache/an	80	91	101
concentré	50	66	83	- en kg/t lait	13,3	12,1	11,2
Sorties N (kg/vache/an)				- en kg/ha fourrage (1)	180	196	210
- lait (+ veau)	32	40	48	- en kg/ha total (2)	160	149	135
- fèces	37	42	47	- en kg/ha total (3)	160	182	202
- urine	43	49	54				

(1) : dans une exploitation ayant un quota de 200 000 l de lait, un rendement de l'ensilage de maïs inchangé et égal à 12 t MS/ha dans les 3 situations, et en admettant 10% de pertes (récolte, conservation, distribution). Le nombre de vaches du troupeau est alors de 33, 27 et 22 et la surface en maïs ensilage de 14,6 ; 12,5 et 10,6 ha de maïs.

(2) : l'exploitation a une surface totale constante de 16,5 ha (soit un chargement de 2,0 ; 1,6 et 1,3 vaches/ha pour les 3 situations).

(3) : comparaison de 3 exploitations ayant un quota de 200 000 l et un chargement identique de 2 UGB/ha. La surface totale des 3 exploitations est alors de 16,5 ; 13,5 et 11 ha.

TABLEAU 1 : Effet du niveau de production sur le bilan azoté d'une vache laitière recevant un régime bien équilibré à base d'ensilage de maïs tout au long de l'année.

TABLE 1 : Effect of the production level on the nitrogen balance of a dairy cow fed all year a well-balanced diet based on maize silage.

nécessite une entrée importante d'azote par le concentré. Ce dernier est le plus souvent acheté et contribue donc à accroître le bilan azoté de l'exploitation.

Plusieurs bases de référence peuvent être considérées pour exprimer les rejets. Ils peuvent être rapportés à l'hectare de fourrage, ce qui rend compte des moyens cultureux spécifiquement mis en jeu pour produire le lait. Ils peuvent aussi être rapportés à 1 000 kg de lait produit, ce qui permet d'avoir une image de la charge polluante globale de la production et de son efficacité. Les rejets représentent alors 12,1 kg N/tonne de lait produit.

● Potentiel de production laitière

L'efficacité de l'utilisation de l'azote par kg de lait produit s'accroît avec le potentiel laitier du fait d'une dilution des besoins d'entretien. Ainsi, avec le régime "idéal" précédent, les rejets d'azote par tonne de lait produit diminuent de 5,5% et les quantités d'azote ingérées de 4% lorsque le potentiel s'accroît de 1 000 kg (tableau 1).

Cependant, les conséquences sur les flux d'azote au niveau de l'exploitation sont plus difficiles à analyser. Ainsi, les rejets totaux (kg/an) augmentent de 9% environ si la base de référence est l'animal ou la surface fourragère mais diminuent de 5,5% si l'on considère la surface totale de l'exploitation. En effet, le lait supplémentaire est obtenu essentiellement par un accroissement sensible des quantités de N ingérées par le concentré acheté (accroissement de la quantité et de la teneur en N du concentré) puisque l'ingestion de fourrage varie peu avec le niveau de production. Cet accroissement du potentiel s'accompagne donc d'un accroissement des

quantités de N ingérées et excrétées par animal et par ha de fourrage. Néanmoins, dans un contexte de quota de production, l'accroissement du potentiel correspond aussi à une réduction de la taille du troupeau et donc à une baisse des quantités d'azote mises en jeu par unité de surface totale de l'exploitation. Cependant, **pour des exploitations ayant le même chargement et un même quota produit sur des surfaces plus faibles, les rejets par hectare total s'accroissent avec l'intensification de la production animale.**

● Système fourrager

Les rejets azotés varient de manière importante avec la nature des fourrages et le niveau d'intensification de la production fourragère. Ainsi, lorsqu'une vache produisant 7 500 kg de lait reçoit une alimentation à base d'ensilage d'herbe de bonne qualité, les rejets totaux s'accroissent de 24% (soit 22 kg/vache) s'il était utilisé toute l'année (tableau 2) comparé au régime précédent qui était idéalement complété. L'accroissement des rejets est encore plus important (+68%, soit 61 kg N/vache/an) si l'ensilage d'herbe est suivi d'un pâturage de ray-grass anglais intensif contenant 22% de Matières Azotées Totales. Les quantités à l'hectare varient dans les mêmes proportions mais les possibilités de valorisation des déjections s'accroissent aussi, ainsi que le montre une simulation réalisée par DELABY et al. (non publié ; tableau 3).

Nature du régime ⁽¹⁾	Ensilage de maïs ⁽²⁾	Ensilage d'herbe ⁽³⁾	Ens. de maïs + pâturage ⁽⁴⁾	Ens. d'herbe + pâturage ⁽⁴⁾
Teneur en MAT du fourrage (%)	8	15	8 / 22	22
Entrées N (kg/vache/an)	131	153	180	192
dont fourrage	65	104	135	157
concentré	66	49	45	35
Sorties N (kg/vache/an)				
- lait (+ veau)	40	40	40	40
- fèces	42	38	44	42
- urine	49	75	96	110
Sorties N des fèces + urine				
- en kg/vache/an	91	113	140	152
- en kg/t lait	12,1	15,1	18,7	20,3

(1) : En supposant que la vache reçoit le même régime tout au long de l'année.

(2) : Complémentation avec un concentré énergétique (70% orge, 30% pulpes de betteraves), du tourteau de soja tanné et de l'urée. Les quantités de concentré sont ajustées chaque jour en fonction du niveau de production.

(3) : Complémentation avec un concentré énergétique (70% orge, 30% pulpes de betteraves). Les quantités de concentré sont ajustées chaque jour en fonction du niveau de production.

(4) : Idem (2) ou (3) sur la phase hivernale et complémentation avec le même concentré énergétique à raison de 1 kg pour 3 kg de lait au dessus d'un niveau de production de 25 kg/j à la mise à l'herbe (6 mois de pâturage).

TABLEAU 2 : Effet du système d'alimentation sur le bilan azoté d'une vache laitière produisant 7 500 kg de lait par an (adapté de VÉRITÉ, 1991).

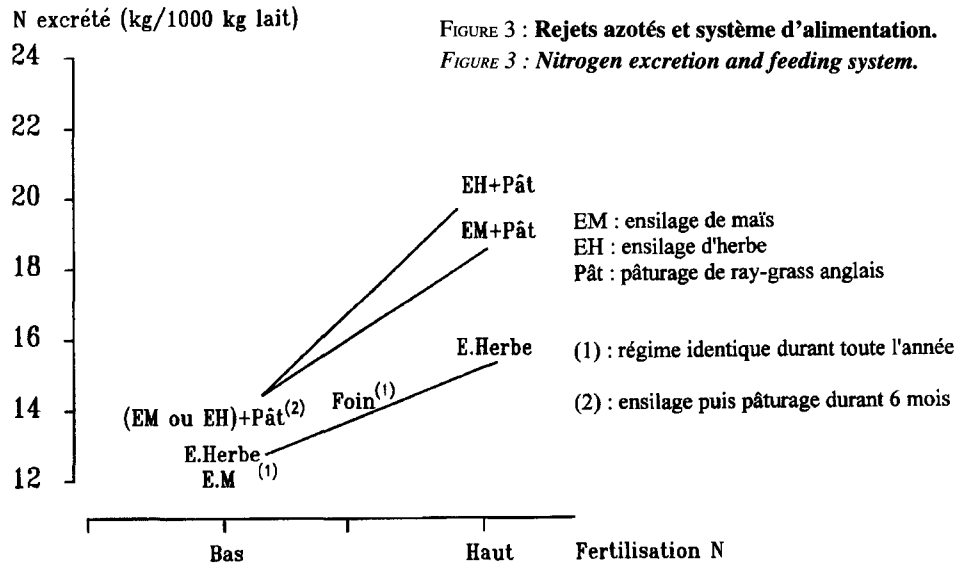
TABLE 2 : Effect of the feeding system on the nitrogen balance of a dairy cow producing 7 500 kg milk a year (after VÉRITÉ, 1991).

	Ensilage maïs 12 mois ⁽¹⁾	Ensilage maïs + pâturage 3 mois ⁽²⁾	Ensilage (maïs+herbe) + pâturage 6 mois ⁽³⁾
Rejets azotés totaux (kg)	3 800	4 250	5 100
Restitutions N (sans aucune perte, kg/ha)	190	190	230
Exportations N par les cultures (kg/ha)	160	180	240

(1) : Troupeau de 40 vaches (7 500 kg lait/vache) et 20 ha de SAU cultivés en ensilage de maïs.
 (2) : Même troupeau et 22,5 ha SAU dont 8 ha de ray-grass anglais.
 (3) : Même troupeau et 22,5 ha SAU dont 16 ha de ray-grass anglais (8 ha récoltés en ensilage)

TABLEAU 3 : Bilan azoté annuel selon le système d'exploitation (adapté de DELABY et al., non publié).
 TABLE 3 : Yearly nitrogen balance according to farming system (adapted from DELABY et al., unpublished).

La figure 3 illustre la gamme de variation des rejets azotés totaux exprimés par tonne de lait produit en fonction des systèmes fourragers. Les différences entre systèmes s'accroissent également fortement avec l'intensification de la culture de l'herbe. En particulier, la recherche de rendements importants par l'utilisation d'une fertilisation azotée très élevée conduit à distribuer des fourrages trop riches en azote et à un gaspillage manifeste, notamment au niveau de la digestion ruminale (VAN VUUREN et MEIJS, 1987). Ce phénomène est quasiment de même amplitude si l'accroissement de la teneur en MAT de l'herbe est obtenue par une augmentation de la proportion de légumineuses dans le régime ainsi que l'illustrent les données de PEYRAUD (1993). Les choix réalisés dans le mode de conduite des prairies auront donc des conséquences sur les excréments d'azote par animal et par hectare. Ceci



est bien mis en évidence par l'expérience pluri-annuelle conduite au domaine INRA du Pin-au-Haras (DELABY et al., 1993 et non publié ; tableau 4).

La comparaison porte sur 3 niveaux de fertilisation N des prairies (Haut : 300, Moyen : 100 et Bas : 0 kg N/ha/an) accompagnés d'une réduction du chargement afin de compenser au niveau de l'animal la moindre productivité des parcelles. Les chargements annuels moyens sur prairies permanentes en 1994 sont alors de 5,0 ; 3,8 et 3,1 vaches/ha soit encore 675, 520 et 425 journées de pâturage/ha/an. La réduction de la fertilisation a bien évidemment diminué la production d'herbe et sa teneur en MAT. Les performances individuelles n'ont pas été modifiées (22,5 kg/vache/j). Les exportations d'azote dans le lait ont alors représenté 19, 23 et 24% de l'azote ingéré pour les trois niveaux H, M et B. La quantité d'azote exportée dans les fèces n'a pas sensiblement varié par vache mais, à l'inverse, l'azote rejeté dans l'urine a été réduit de plus de 1/3 entre les traitements extrêmes. Ces écarts entre traitements dans les restitutions d'azote sont encore plus importants lorsqu'ils sont rapportés à l'hectare car ils sont alors amplifiés par les différences de chargement utilisé. Ainsi, la masse d'azote excrétée rapportée à l'hectare a été réduite de 40 kg dans les fèces et de 145 kg (60%) dans l'urine entre les traitements extrêmes (H par rapport à B). A partir d'une modélisation effectuée sur le devenir de l'azote émis par les animaux, il apparaît que les pertes par volatilisation, dénitrification et lessivage sous prairie seraient réduites.

Niveau de fertilisation (kg N/ha/an)	Haut 320	Moyen 100	Bas 0	Niveau de fertilisation (kg N/ha/an)	Haut 320	Moyen 100	Bas 0
Production ⁽¹⁾ (t MS/ha)	14,9	11,8	8,0	Entrées N sur les parcelles ⁽⁴⁾ (kg/ha)			
MAT herbe (g/kg MS)	198	154	145	- fertilisation	320	100	0
Flux N animal ⁽²⁾ (kg/vache)				- complémentation	79	59	51
- N ingéré ⁽³⁾	84,2	69,3	64,5	- fixation + pluie	33	43	50
- N lait	16,3	15,8	15,8	Sorties N des parcelles ⁽⁴⁾ (kg/ha)			
- N fèces	19,7	18,9	18,4	- rejets hors parcelles	51	31	23
- N urine	48,2	34,6	30,3	- volatilisation + dénitrification	139	56	43
Flux N animal (kg/ha)				- lessivage	124	53	41
- N lait	81	61	50				
- N rejets (kg/ha)	339	205	154				

(1) : Estimée par coupe à la motofaucheuse et addition des productions des 5 cycles de pâturage
(2) : Calculés sur la période de pâturage soit 135 j
(3) : N de l'herbe et du concentré (2,8 kg concentré/vache/j à 270 g MAT/kg MS)
(4) : Calculs réalisés à partir du modèle de SCHOLEFIELD (1991) et adapté par DELABY (non publié)

TABLEAU 4 : Effet d'une réduction simultanée de la fertilisation azotée et du chargement sur les performances des vaches laitières et les flux d'azote par l'animal et sous la prairie permanente normande (INRA Le Pin-au-Haras, DELABY et al., non publié).

TABLE 4 : Effect of the simultaneous reduction of nitrogen fertilization and of the stocking rate on the performances of dairy cows and the nitrogen flows on a permanent pasture in Normandy (INRA Le Pin-au-Haras, DELABY et al., unpublished).

● Pratiques du rationnement

De nombreux éleveurs utilisent des marges de sécurité au delà des recommandations usuelles en pratiquant systématiquement **une légère suralimentation azotée du troupeau**. Les conséquences d'une telle pratique ne sont pas négligeables. En effet, le rendement marginal de cet apport supplémentaire est faible aux alentours des besoins (à peine 5% en terme de N) et l'essentiel du supplément azoté est excrété dans l'urine (tableau 5). Ainsi, une suralimentation de 10% de l'animal par rapport à ses besoins en protéines se traduit par un rejet supplémentaire de 13 kg N/an. De même, un excès d'apport en N dégradable pour les microbes du rumen (traduit par un apport de PDIN supérieur à l'apport de PDIE) équivalent à 200 g/j de PDIN conduit à accroître les rejets de 18 kg N/vache/an.

Voies d'action pour réduire les rejets du troupeau laitier

● Satisfaire sans excès les besoins de l'animal et des microbes du rumen

Des moyens d'action, utilisant les acquis de la recherche en nutrition azotée des ruminants, existent dès maintenant et peuvent apporter une contribution significative à la réduction des rejets en agissant notamment sur le rationnement en aliment concentré.

Une voie immédiate de progrès consiste à **réduire les marges de sécurité généralement utilisées et à aller même légèrement plus loin en utilisant les tolérances de déficit en N dégradable** actuellement proposées par le système PDI (VÉRITÉ et PEYRAUD, 1988). Une réduction de 5% des apports de N dégradable à la flore du rumen correspond à une réduction de 7 kg/an des rejets azotés sans nuire aux performances animales. Une autre précaution utile est de **mieux adapter les apports azotés au cours du cycle de lactation puisque la vache ne stocke quasiment pas de protéines**. Cependant, si l'utilisation d'une alimentation plus individualisée permettait de mieux contrôler les apports d'azote à chaque individu, elle irait à l'encontre de la simplification du travail.

Jusqu'ici, l'objectif du rationnement a toujours été de maximiser la production par individu. A terme, l'objectif **pourrait être de chercher à réduire les rejets, quitte à limiter modérément la production**. Ceci dépendra bien évidemment du rapport entre les coûts entraînés par les rejets et le prix des produits animaux. Les courbes de réponse de la production de lait et des rejets de l'animal à des modifications des apports de protéines dans l'intestin permettent de quantifier techniquement les conséquences d'un tel choix (VÉRITÉ et PEYRAUD, 1988). De même, la réduction des apports d'azote dégradable au delà des recommandations actuellement préconisées (5 à 8% par rapport aux besoins des microbes) est sans doute possible grâce à une

	Supplément de lait (kg/j)	Supplément de N rejeté (kg/vache/an)
Excès de N dégradable (PDIN > PDIE) de + 200 g/j (environ 10% des besoins)	0	+ 18
Excès d'apport d'acides aminés (PDIE > besoins) de + 10% par rapport aux besoins	+0,5 à +0,8	+ 13

TABLEAU 5 : Effet d'une suralimentation en azote sur les rejets azotés.

TABLE 5 : Effect of excessive nitrogen ingestion on nitrogen excretion.

meilleure utilisation du phénomène de recyclage de l'azote chez la vache. Des essais sont en cours afin de quantifier les réponses animales (VÉRITÉ, PEYRAUD, non publié).

● Perspectives d'avenir, voies de recherche

A l'avenir, les progrès pourront venir d'une meilleure maîtrise de l'utilisation des rations à base d'herbe, de la compréhension des facteurs qui contrôlent l'activité microbienne du rumen et sans doute aussi d'une meilleure maîtrise de la composition en acides aminés des protéines absorbées au niveau intestinal.

Les rations à base d'herbe de bonne qualité (fraîche ou conservée) sont caractérisées par des teneurs excessives en N dégradable dans le rumen, ce qui occasionne des pertes importantes (PEYRAUD, 1993). Ces pertes sont difficilement maîtrisables par le rationnement sauf à diluer l'herbe par des fourrages riches en énergie et déficitaires en azote tel que l'ensilage de maïs (rations mixtes, VALK, 1994). La complémentation de l'herbe par des concentrés énergétiques, bien que souvent proposée, reste une solution dont l'efficacité est marginale en regard des flux d'azote mis en jeu. De même, si l'utilisation de légumineuses contenant des protéines tannées peut donner des résultats intéressants en terme de nutrition et bilan azoté des animaux (BEEVER et SIDONS, 1986), les résultats sur les performances des animaux sont contrastés, notamment du fait de leur plus faible digestibilité (VAN VUUREN et MEIJS, 1987). En outre, cette perspective ne concerne que quelques plantes (sainfoin, lotier) qui restent marginales et dont la culture n'est actuellement pas maîtrisée.

La seule voie réaliste de progrès consiste à **diminuer la teneur en azote du fourrage**. Ceci peut être obtenu par une exploitation plus tardive mais alors la valeur alimentaire du fourrage est fortement affectée et cette solution est peu envisageable pour les vaches laitières. **La réduction de la fertilisation est une autre voie d'action**. Les données obtenues à Rennes montrent que la valeur alimentaire du fourrage n'est que très modérément affectée (PEYRAUD et al., 1993). En revanche, les effets sur l'ingestion d'herbe et finalement sur la production de lait sont plus variables. Les effets sont limités lorsque la production de biomasse et/ou la teneur en MAT n'est pas notablement affectée par la réduction de la fertilisation (DELABY et PEYRAUD, 1993 ; tableau 3 ; PEYRAUD et al., 1994). En revanche, l'ingestion peut être réduite (de l'ordre de 2 kg MS/j, soit une réduction de 3 kg de lait) lorsque l'alimentation azotée de la plante est plus fortement pénalisée par la réduction de la fer-

tilisation (conditions pédoclimatiques défavorables ; DELAGARDE et al., 1995). La réduction de la fertilisation se heurte cependant à la réduction de la productivité des surfaces et au nécessaire élargissement des surfaces. Une autre possibilité pourrait être, à l'avenir, de sélectionner des espèces moins riches en azote mais conservant une valeur énergétique et azotée élevée et une productivité suffisante.

La meilleure maîtrise de l'activité microbienne du rumen devrait permettre à terme d'accroître l'efficacité d'utilisation de l'azote des rations et donc de réduire les recommandations d'apport en utilisant mieux le recyclage. Les recherches sont actuellement entreprises pour connaître l'impact des conditions physico-chimiques du milieu ruminal (pH, fibrosité des rations...) sur l'activité des microbes, améliorer l'équilibre entre les différentes sources d'énergie disponibles (nature et vitesse de dégradation) et rechercher les équilibres les plus favorables entre les différentes sources d'azote dégradable.

Une meilleure connaissance des besoins et des interactions énergie-azote au niveau métabolique de l'animal doit aussi pouvoir permettre d'améliorer l'efficacité d'utilisation des acides aminés absorbés et ainsi d'optimiser les recommandations. Une première approche a été réalisée par le développement du système "AA digestibles" permettant de raisonner l'apport de lysine et de méthionine (RULQUIN, 1992 ; RULQUIN et VÉRITÉ, 1993). Cependant, en pratique, l'impact de l'amélioration de l'équilibre en acides aminés sur la réduction des rejets azotés reste encore assez modeste.

Conclusion

Il est nécessaire de rappeler que le risque polluant des déjections azotées de l'élevage laitier reste modéré en comparaison de celui des autres productions animales. **Il ne faut pas oublier que l'élevage laitier porte en lui-même, par le biais des surfaces fourragères qu'il utilise, les moyens «d'absorber» les déjections qu'il produit.** Néanmoins l'intensification (engrais + concentré) et la concentration de la production dans certaines régions nécessitent de rechercher dès maintenant des solutions au problème des déjections. L'amélioration de l'alimentation peut, à l'avenir, fournir des solutions techniques non négligeables mais dont l'impact économique sera à prendre en considération. Ces solutions sont à considérer bien entendu dans une approche intégrée au niveau de l'exploitation ou de la région (alimentation animale, surface fourragère, pratiques agronomiques), en particulier pour mieux apprécier le rôle du pâturage.

Accepté pour publication, le 30 juin 1995.

Ce texte reprend en partie une intervention présentée au colloque «Gestion de l'azote dans les systèmes d'élevage», organisé par l'APEX le 5 avril 1995 au Lycée agricole du Robillard (Calvados).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEEVER D.E., SIDONS R.C. (1986) : "Digestion and metabolism in the grazing ruminants", *Control of digestion and metabolism in ruminants*, Ed. Milligan L.P., Grovum W.L., Dobson A. 479-497, Englewood Cliffs : Prentice Hall.
- DELABY L., PEYRAUD J.L. (1993) : "Réduction de la fertilisation azotée et production laitière au pâturage", *L'extensification en production fourragère*, Compte-rendu des Journées 1992 de l'Association Française pour la Production Fourragère, *Fourrages*, n° hors série, 64-65.
- DELAGARDE R., PEYRAUD J.L., DELABY L. (1995) : "The effect of nitrogen fertilization level and soyabean meal supplementation on intake, behaviour and digestion in grazing dairy cows", *Anim. Feed. Sci. Technol.* (soumis pour publication).
- Institut National de la Recherche Agronomique (1978) : *Alimentation des ruminants*, Ed. INRA Publications, Route de St-Cyr, 78000 Versailles.
- INRAtion (1994) : *Logiciel d'aide au rationnement des ruminants*, travail collectif coordonné par J. Agabriel, P. Champciaux et C. Espinasse, Ed. ENESAD-CNERTA, F-21000 Dijon.
- PEYRAUD J.L. (1993) : "Comparaison de la digestion du trèfle blanc et des graminées prairiales chez la vache laitière", *Fourrages*, 135, 465-473.
- PEYRAUD J.L., ASTIGARRAGA L., FAVERDIN P. (1993) : "Digestion of fresh perennial ryegrass fertilized at two levels of nitrogen by lactating dairy cows", *Ann. Zootech.*, 42, 138.
- PEYRAUD J.L., ASTIGARRAGA L., FAVERDIN P., DELABY L., LEBARS M. (1994) : "Effect of level of nitrogen fertilization and protein supplementation on herbage utilization by grazing dairy cows. I. herbage intake and feeding behaviour", *Ann. Zootech.*, 43, 291.
- RULQUIN H. (1992) : "Intérêt et limites d'un apport de méthionine et de lysine dans l'alimentation des vaches laitières", *INRA Prod. Anim.*, 5, 29-36.
- RULQUIN H., VÉRITÉ R. (1993) : "Amino acid nutrition of dairy cows : productive effects and animal requirements", *Recent advance in animal nutrition*, Nottingham University Press, 55-77.
- SCHOLEFIELD D., LOCKYER D.R., WHITEHEAD D.C., TYSON K.C. (1991) : "A model to predict transformations and losses of nitrogen in UK pastures grazing by beef cattle", *Plant and Soil*, 132, 165-177.
- SIMON J.C. (1995) : "Les exploitations herbagères de basse-normandie et l'environnement", colloque *Gestion de l'azote dans les systèmes d'élevage*, APEX, Avril 95.
- t'MANNETJE L., FRAME J. (1994) : *Grassland and society*, Proc. 15th Gen. Meet. European Grassl. Fed., Wageningen (The Netherlands), June 6-9, 1994, 618 pp.
- VALK H. (1994) : "Effects of partial replacement of herbage by maize silage on N-utilization and milk production of dairy cows", *Livestock Production Science*, 40, 241-250.
- VAN DER MEER H.G., UNWIN R.J., VAN DIJK T.A., ENNIK G.C. (1987) : "Animal Manure on grassland and fodder crops; Fertilizer or waste?", *Proc. Int. Symp. of the European Grassl. Fed.*, Wageningen, The Netherlands, 388 pp.
- VAN VUUREN A.M., MEIS J.A.C. (1987) : "Effects of herbage composition and supplement feeding on the excretion of nitrogen in dung and urine by grazing dairy cows", *Animal Manure on grassland and fodder crops ; Fertilizer or waste ?*, Ed. Van Der Meer H.G., Unwin R.J., Van Dijk T.A., Ennik G.C. 17-26.
- VÉRITÉ R. (1991) : "Maîtrise des rejets azotés issus de l'élevage bovin : les possibilités d'action à travers l'alimentation", *Production Laitière Moderne*, 208, 140-146.

VÉRITÉ R., PEYRAUD J.L. (1988) : "Nutrition azotée", *Alimentation des bovins, Ovins et Caprins*, Ed. R. Jarrige, INRA Paris, 75-93.

WEISSBACH F., ERNST P. (1994) : "Nutrient budgets and farm management to reduce nutrient emissions", *Grassland and Society*, Ed. t'Mannetje L. and Frame J., 343-360.

RÉSUMÉ

L'excrétion d'azote est assez constante dans les fèces (environ 7,5 g/kg MS ingérée) et tout excès lié à l'alimentation est excrété sous forme d'azote urinaire qui est aussi la forme qui présente le "risque polluant" le plus élevé. Ce travail fournit des éléments quantitatifs sur les rejets azotés par les troupeaux laitiers. Trois grands facteurs de variation ont été isolés.

Les rejets azotés varient selon le système fourrager. Ils sont les plus faibles avec les régimes à base d'ensilage de maïs lorsque l'apport d'azote à l'animal est bien maîtrisé. Ils sont plus élevés avec les régimes à base d'herbe pour lesquels ils s'accroissent de manière importante avec le niveau de fertilisation azotée des prairies. Les rejets peuvent ainsi varier de 12 à 20 kg/t de lait produit selon le système fourrager et son niveau d'intensification. Toutefois, ces données ne doivent pas être considérées indépendamment de la surface puisque les possibilités de valorisation des déjections s'accroissent avec la surface en herbe. Les rejets azotés varient également avec le niveau de production des animaux. Rapportés au volume de lait produit, ils diminuent de 5% lorsque le potentiel laitier de l'animal s'accroît de 1 000 kg car l'efficacité d'utilisation de l'azote par l'animal s'accroît du fait d'une dilution de ses besoins d'entretien. Enfin, les rejets varient selon la politique de rationnement adoptée. En particulier, l'utilisation de marges de sécurité au delà des recommandations accroît de manière conséquente les rejets. Différentes voies de progrès pour réduire les rejets sont envisagées.

SUMMARY

Nitrogen excretion by dairy cows : influence of the diet and of the level of production

The amount of nitrogen excreted in the faeces is rather constant (about 7.5 g/kg DM ingested), and all nitrogen ingested in excess will be excreted in the urine, where it also offers the highest "pollution risk". This study supplies the quantitative elements related to nitrogen excretion by dairy herds. Three major factors were identified.

Nitrogen excretion depends on the forage system. It is smallest with diets based on maize silage when there is a good control of the supply of nitrogen to the animals ; it is larger with diets based on grass, where it increases considerably with the level of fertilization of the pastures : the amounts of nitrogen excreted may thus vary from 12 to 20 kg per t of milk produced, according to the forage system and its level of intensification. These figures are however not to be considered independently of the forage area, since increases in pasture areas involve an increase of the possibilities of utilizing the excreta. There is also a variation with the production levels of the animals : relatively to the volume of milk produced, the amount of nitrogen excreted decreases by 5% when the productivity of the animal increases by 1 000 kg, since a dilution of the maintenance requirements brings about a greater efficiency of nitrogen utilization. Lastly, there is a variation with the dietary policy : for instance the use of safety margins above the recommended feeding levels brings about a considerable increase of excreted nitrogen. Several improvements are considered for the reduction of nitrogen excretion.