

Bilan et autonomie azotée à l'échelle de l'exploitation d'élevage bovin allaitant : adaptation des systèmes de production, conséquences économiques.

P. VEYSSET, M. LHERM, D. BÉBIN

INRA Clermont-Theix, Laboratoire d'Economie de l'Elevage, 63122 Saint Genès Champanelle

RESUME - Faiblement exportatrices d'azote et largement dépendantes d'achat de concentrés et d'engrais, les exploitations d'élevage bovin allaitant du bassin charolais présentent un bilan azote excédentaire de 40 kg N / ha, hors fixation par les légumineuses. Les engrais constituent les plus fortes entrées d'azote. Globalement, l'excédent d'azote n'est guère dépendant du système de production (excepté pour l'agriculture biologique). La recherche, par modélisation, de l'autonomie azotée totale nécessitera, pour une exploitation polyculture élevage, la culture de 11 à 28 ares par vèlage de protéagineux, l'introduction de plus de 20 % de légumineuses dans les prairies et la réduction de la part des cultures fortement exportatrices d'azote au profit de la surface fourragère, l'optimum se situant, avec 50 % de légumineuses, à 75 % de la surface totale consacrée au troupeau et 20 % aux cultures de vente. Pour une exploitation 100 % herbagère, cette autonomie ne pourra être atteinte que grâce à la mise en culture, pour la production de céréales et de protéagineux destinés au troupeau, de 13,5 % de la surface totale. Dans tous les cas, l'incidence économique de cette recherche d'autonomie azotée est nulle ou légèrement négative, ce qui n'est pas incitatif.

Nitrogen balance and nitrogen self-sufficiency on the suckler cattle farm scale: adaptation of the farming systems, economic consequences

P. VEYSSET, M. LHERM, D. BÉBIN

INRA Clermont-Theix, Laboratoire d'Economie de l'Elevage, 63122 Saint Genès Champanelle

SUMMARY - The suckler cattle farms from the Charolais area, despite their dependence on nitrogen supply (chemical fertilisers are the main N inputs), show a positive N balance (+40 kg N / ha) exclusive of the N fixation by legumes. Globally, this excess of N does not depend on the farming system, except for organic farming. In mixed crop-livestock farming, the N self-sufficiency can be reached by cropping 11 to 28 ares of protein-rich plants per calving, introducing more than 20 % legumes in grasslands and reducing the part of high N exporting cash crops for the benefit of fodder areas, considering 50 % of legumes the optimum is reached with 75 % of total area allocated to the herd and 20 % to the cash crops. In grassland farming, this N self-sufficiency will only be reached if 13.5 % of the total area is cropped with cereal and rich-protein plants (to be used for livestock feeding). In all cases, the economic impact of this search for the N self-sufficiency is very low or even slightly negative, which is not inciting.

INTRODUCTION

La baisse du prix des céréales, consécutive à la réforme de la Politique Agricole Commune (PAC) de 1992, a entraîné une augmentation de leur utilisation dans l'alimentation animale (Castel et Pous, 1998). A la fin de l'année 2000, l'utilisation de farines animales comme source de protéines dans l'alimentation animale a été interdite pour toutes les espèces. Cette conséquence de la crise de l'ESB a mis en lumière la dépendance protéique pour l'alimentation des animaux des exploitations d'élevage françaises. La dépendance en matières azotées concerne également la nutrition des plantes avec le recours d'engrais minéraux azotés en grande quantité. A l'échelle de l'exploitation, bien que l'élevage bovin soit caractérisé par une forte autonomie alimentaire (plus de 90 % en élevage allaitant charolais, Lherm et Benoit, 2002) avec la plus grande partie des fourrages consommés par le troupeau issue de l'exploitation, l'azote reste un élément limitant qui doit être importé. Cet azote est également souvent mal utilisé puisqu'en 2001, le solde du bilan de l'azote agricole sur la ferme France est excédentaire avec 19 % d'azote en trop (Chapelle, 2003). Les enjeux environnementaux et économiques d'une bonne gestion de l'azote sont donc relativement importants. Cette étude se propose de déterminer si l'autonomie azotée totale à l'échelle de l'exploitation est possible pour les élevages bovins allaitants, dans quelles conditions et avec quelles conséquences économiques. Nous allons tout d'abord analyser le bilan azote sur un échantillon d'exploitations charolaises du Nord Massif Central, nous étudierons ensuite deux cas (polyculture élevage et herbager) de recherche d'autonomie azotée en utilisant un modèle d'optimisation du système de production sous contraintes.

1. MATERIEL ET METHODES

Les données utilisées pour cette étude sont celles du réseau d'observation du Laboratoire d'Economie de l'Elevage. Cet observatoire permet une analyse annuelle des résultats techniques et économiques de près de 90 exploitations d'élevage allaitant charolais réparties sur 5 départements du Nord Massif Central. Ces exploitations ne sont pas statistiquement représentatives, mais elles recouvrent tous les systèmes de production observables dans la zone charolaise, y compris l'agriculture biologique.

1.1. BILAN APPARENT DE L'AZOTE

Le bilan apparent de l'azote à l'échelle de l'exploitation est un outil de diagnostic qui permet d'estimer l'excédent d'azote avec une assez bonne précision. Cette méthode développée par l'INRA de Quimper (Simon et Le Corre, 1992) considère l'exploitation agricole comme une boîte noire à l'intérieur de laquelle les échanges sont ignorés et comptabilise les entrées et sorties annuelles d'azote liées à l'activité de l'agriculteur (figure 1), la différence entrées-sorties, ou bilan, représentera le "potentiel polluant de l'exploitation". Pour effectuer ce calcul, il faut disposer des quantités et des teneurs en azote des différents produits concernés (Institut de l'Elevage, 1999). Parmi les entrées, nous n'avons pas comptabilisé la fixation d'azote par les légumineuses, car nous ne disposons pas du taux de légumineuses dans les prairies.

Ce bilan est calculé à partir des résultats de l'année 2002 de 72 exploitations d'élevage spécialisées ou de polyculture élevage (tableau 1). Ont été écartées de l'échantillon, les exploitations possédant un atelier hors sol ainsi que celles mettant ou prenant des animaux en pension, car, dans ces cas, l'estimation des poids des animaux et donc des kilos de viande entrés et sortis de l'exploitation est trop hasardeuse.

Figure 1 : Bilan de l'azote à l'échelle de l'exploitation

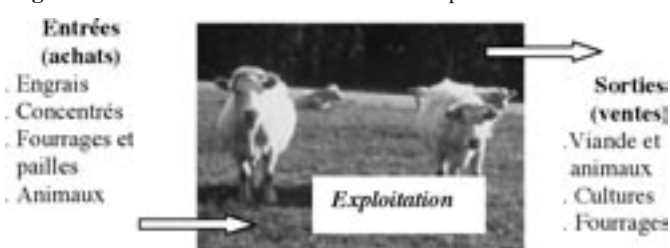


Tableau 1 : caractéristiques des 72 exploitations

	SAU (ha)	% culture	Nombre Vêlages	UGB Totaux	Chargt. Ugb / sfp
Moy.	138,4	17,4	82,9	142,4	1,24
Mini	45,9	0,0	35,0	48,1	0,68
Maxi	267,0	69,5	240,0	328,2	1,85

1.2. RECHERCHE D'AUTONOMIE AZOTEE

D'une manière générale, l'autonomie est définie comme la proportion de ce qui est produit sur l'exploitation par rapport à ce qui est consommé. En ce qui concerne l'azote, nous pouvons définir trois niveaux d'autonomie :

- l'autonomie azotée alimentaire = $100 - (\text{azote des concentrés et fourrages achetés} / \text{azote des concentrés et fourrages consommés par les animaux} \times 100)$,
- l'autonomie azotée des végétaux = $100 - (\text{azote des engrais achetés} / \text{azote total nécessaire à la nutrition des plantes} \times 100)$,
- l'autonomie azotée totale = $100 - (\text{azote total acheté} / \text{consommation d'azote totale de l'exploitation} \times 100)$. Ce qui correspond au cumul de l'autonomie azotée alimentaire et l'autonomie azotée des végétaux.

Aucune des 72 exploitations de notre échantillon n'affiche une autonomie azotée totale de 100 % (y compris les bios). Sauf accident, ces exploitations sont toutes autonomes et non excédentaires en fourrage (ni vente, ni achat de fourrages), les sorties d'azote sont donc le fait des ventes de céréales, oléoprotéagineux et de viande. L'analyse de la recherche d'autonomie azotée sera effectuée sur deux exploitations-types :

- une exploitation polyculture élevage de 185 ha avec 50 % de surface fourragère (herbe) et 50 % de culture de vente (céréales en partie auto-consommées, oléagineux) pour 70 vèlages,
- une exploitation herbagère de 100 ha avec 70 vèlages.

Ces deux exploitations-types ont été définies à partir d'exploitations réelles de l'observatoire 2002.

L'utilisation d'un modèle d'optimisation (programmation linéaire) du système de production par maximisation de la marge brute globale (Veysset *et al.*, 2000) va nous permettre de tester différents scénarii. Ces scénarii sont définis en fonction des différents niveaux d'autonomie en jouant sur l'interdiction d'achat d'aliment pour les animaux et/ou d'achat d'engrais azoté avec, dans tous les cas, le respect d'une balance azotée, intégrant la fixation par les légumineuses, légèrement excédentaire de +30 kg N/ha pour tenir compte des pertes d'azote par volatilisation et dénitrification (Simon et Le Corre, 1992). Pour permettre l'adaptation des systèmes, nous avons dû envisager dans notre modèle la substitution des tourteaux par des protéagineux pour l'alimentation du troupeau (Institut de l'Elevage, 2001), la fixation de l'azote atmosphérique par les légumineuses en fonction de leur taux de présence (en pure ou en mélange) dans les prairies (Institut de l'Elevage, 1999) Nous avons dû également effectuer certaines hypothèses : maintien des performances du troupeau dans tous les cas, baisse du rendement des céréales de 15 à 25 % et de celui des prairies de 5 à 15 % sans apport d'engrais azotés.

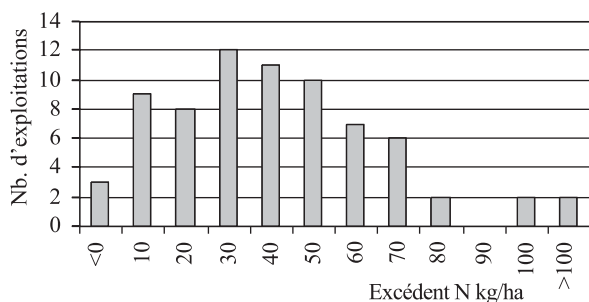
Le modèle nous fournira le système optimal (assolement, nombre de vèlages, type d'animaux produits, etc.) qui respecte les nouvelles contraintes en plus de celles existantes (structure, rendements, prix, primes PAC...). L'analyse de la marge brute globale permettra d'évaluer l'intérêt économique de la recherche d'autonomie azotée totale à l'échelle de l'exploitation.

2. RESULTATS

2.1. BILAN APPARENT DE L'AZOTE

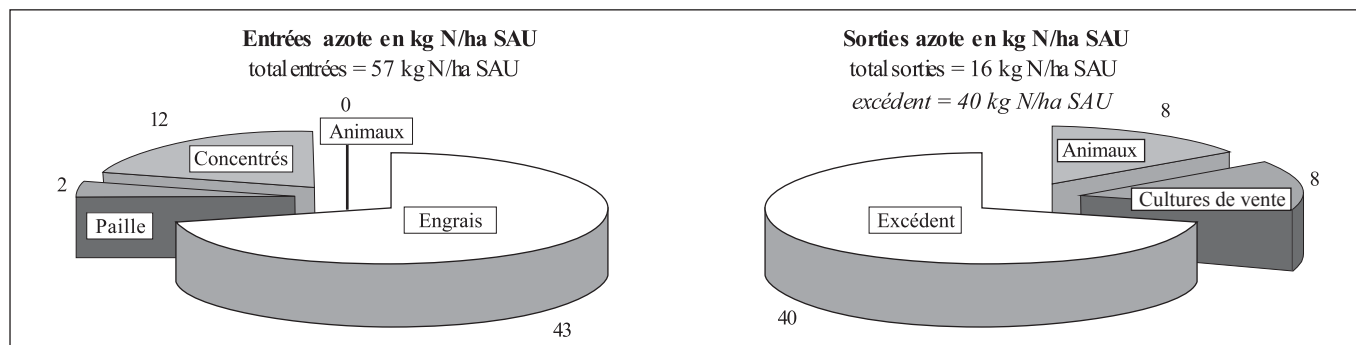
Le bilan apparent de l'azote, hors fixation par les légumineuses, pour l'ensemble des 72 exploitations de l'échantillon est excédentaire de 40 kg N/ha Sau (figure 2). 33 exploitations, soit 45 % de l'échantillon, présentent un excédent compris entre 20 et 50 kg N/ha (figure 3), 12 exploitations (dont les 4 exploitations bios) ont un excédent inférieur à 10 kg N/ha et seulement 2 exploitations ont un excédent supérieur à 100 kg N/ha. Comme pour les systèmes laitiers (Le Gall, 2000), les systèmes bovins allaitants se caractérisent par la faiblesse des sorties et par de fortes entrées, le rendement de l'azote (sorties / entrées) est relativement faible et se situe à 29 %. Les entrées sont constituées majoritairement par les engrais azotés (75 % des entrées), suivis par les aliments concentrés achetés (21 %). Les sorties se partagent à égalité entre la viande et les cultures. L'excédent d'azote représente plus de 90 % des achats d'engrais minéraux, le devenir de cet excédent se partage entre réorganisation dans le sol, pertes par volatilisation dans l'atmosphère, ruissellement et lessivage, bien que, sous prairies, les pertes azotées soient modérées lorsque l'excédent est inférieur à 100 kg N/ha/an, l'azote lessivé représentant dans ce cas moins de 20 % de l'excédent (Farruggia *et al.*, 1997).

Figure 3 : Répartition des 72 exploitations pour l'excédent d'azote



Les exportations d'azote étant plus importantes par les cultures que par la viande et l'utilisation des engrais azotés étant plus importante dans les exploitations céréalières, les termes du bilan de l'azote diffèrent selon la part des cultures de vente dans la SAU (tableau 2), mais l'excédent n'est pas significativement différent. Chaque terme du bilan explique une faible part de la variance observée de l'excédent, la variabilité des pratiques pèse plus que le système de production (Le Gall, 2000), excepté pour l'agriculture

Figure 2 : entrées et sorties d'azote moyennes sur 72 exploitations



biologique. L'excédent d'azote est fortement corrélé positivement avec les entrées d'azote (engrais $r = 0,80$, concentrés $r = 0,63$). Il n'est pas corrélé avec les sorties par les cultures ($r = 0,01$) car elles augmentent moins rapidement que les entrées par les engrais. Enfin, l'excédent d'azote est paradoxalement corrélé positivement avec les sorties d'azote par la viande ($r = 0,43$), car la viande exporte très peu d'azote et les systèmes les plus intensifs, donc ceux qui sortent le plus de viande par ha, utilisent beaucoup d'engrais et de concentrés achetés. Globalement, les exportations dépendent peu du niveau de fertilisation.

Tableau 2 : Bilan N en fonction de la part des cultures

% cult. dans Sau	Entrées kg N/ha		Sorties kg N/ha		Bilan Kg N/ha
	Engrais	Concent.	Cultures	Viande	
0 %	6	16	0	9	+17
0-10 %	30	13	1	9	+36
10-20 %	38	11	4	8	+39
20-30 %	59	12	8	10	+55
>30 %	81	6	40	6	+41

2.2. AUTONOMIE AZOTEE

Sur les 72 exploitations de l'échantillon, 7 dont 3 bios n'ont pas utilisé d'engrais azotés en 2002. Les concentrés achetés représentent 48 % de la quantité totale des concentrés consommés par les animaux, le reste est issu des céréales cultivées sur l'exploitation (seuls 4 éleveurs cultivent des protéagineux pour l'alimentation des bovins). Les tourteaux et autres correcteurs azotés représentent 13 % des concentrés consommés et 27 % des concentrés achetés (de 0 à 97 %). Cette dépendance vis à vis de l'extérieur pour l'azote dépend tout d'abord de la spécialisation herbagère, mais aussi du type de cultures associées. La recherche de l'autonomie n'aura donc pas les mêmes conséquences techniques et économiques selon les systèmes.

2.2.1. Exploitation type polyculture élevage (tableau 3)

L'autonomie azotée alimentaire (0 achat tourteau) peut-être atteinte dans ces exploitations en introduisant 11 ares par vèlage de protéagineux pour l'autoconsommation. Ces protéagineux prennent la place des oléagineux dans l'assolement. Le nombre de vèlages et donc les ventes de viandes, sont en légère baisse. Le fait que l'incidence économique soit nulle montre que, pour un rendement des protéagineux de 25 qx/ha, le prix de substitution du concentré azoté est proche du prix de marché soit de l'ordre de 260 €/t. L'autonomie azotée totale est plus difficile à atteindre (0 achat azote) car la nutrition des plantes devient limitante. La complémentarité herbe-cultures est à rechercher au sein de rotations longues comme l'ont déjà montré Viaux *et al.* (1999). Les légumineuses sont très précieuses puisque qu'elles permettent d'introduire de l'azote dans le système et aident donc à l'équilibre de la balance azotée. Ces légumineuses peuvent être cultivées soit dans des mélanges complexes de prairies pâturées et/ou fauchées, soit seules pour la fauche, mais dans tous les cas leur

maintien dépendra de leur mode d'exploitation et nécessitera des rotations culturales sur 5 à 7 ans dont 2 à 5 ans de prairies. A moins de 20 % de légumineuses dans la surface en herbe, le système doit minimiser ces sorties d'azote, d'où la plus faible part de culture de vente, l'augmentation du nombre de vèlages et de la consommation de concentrés produits sur la ferme pour l'engraissement des animaux, la marge brute chute alors de 44 %. Avec un maximum possible de 50 % de légumineuses, le système optimum permet d'allouer 20 % de la surface totale aux cultures de vente, 5 % à la jachère et 75 % à l'alimentation du troupeau, la marge brute atteint alors plus de 90 % de la marge de base.

Tableau 3 : résultats de recherche d'autonomie azotée pour les exploitations type polyculture élevage

	Base 2002	0 achat tourteau	0 achat azote		
			25 % lég.	35 % lég.	50 % lég.
Céréales (ha)	69,8	75,1	26,7	28,5	47,0
dt autocons. (%)	10	8	82	42	19
Oléo (ha)	12,7	5,9	0	0	0
Protéo (ha)	0,0	6,9	13,3	14,2	19,9
SFP (ha)	93,4	87,4	131,7	136,6	109,7
dt maïs	0,0	0,0	0,0	9,0	8,4
dt herbe	93,4	87,4	131,7	127,6	101,3
Nb Vèlages	69	64	83	87	69
% engraissement	65	65	71	81	100
Conc. kg / ugb	480	515	1 000	678	731
dt acheté (%)	21	0	0	0	0
Chargement	1,21	1,21	0,98	1,11	1,19
Vente Viande kg/ha	180	169	219	256	235
Vente Grains qx/ha	24	25	1,3	4,1	10,3
Autonomie N¹	93-32-54	100-30-56	100	100	100
Marge Brute (indice)	100	100	56	91	93

¹ Autonomie azotée en % : alimentaire-végétale-globale

2.2.2. Exploitation type herbagère (tableau 4)

Ce type d'exploitation est très peu utilisatrice d'engrais azoté (5 à 20 unités N/ha/an), l'autonomie à l'échelle des surfaces est donc relativement aisée à atteindre avec l'introduction de légumineuses (sur-semis de trèfles) dans les prairies à un taux minimum de 20 %. Avec un faible taux de légumineuses (<20 %), la recherche d'autonomie entraîne une forte chute de produit non compensée par la baisse des charges, la marge brute chute alors de 17 %. 100 % des concentrés étant achetés, l'autonomie azotée alimentaire ne pourra être atteinte que par l'introduction de cultures dans le système (rendement céréales = 40 qx/ha, protéagineux = 20 qx/ha) et donc par la baisse des vèlages. Un nouvel équilibre est atteint avec 13,5 % de surface non fourragère entièrement autoconsommée. Le produit total baisse de 8 %, mais, dans le même temps, les charges proportionnelles baissent de 30 % (moins de vèlages donc moins de frais d'élevage, 0 achat de concentrés et -50 % d'achat de paille pour litière), la marge brute globale reste stable, mais le revenu devrait être en

- Agreste, 2001. Chiffres et données agroalimentaires, 105, 47p.
 Castel F., Pous B., 1998. Agreste, les cahiers, 33, 11-17.
 Chapelle C., 2003. Agreste Primeur, 123, 4p.
 Institut de l'Élevage, 1999. Le bilan des minéraux, le cahier de l'éleveur, 35p.
 Institut de l'Élevage, 2001. Réseaux d'élevage Charolais, Quelle place pour les protéagineux dans les exploitations avec bovins viande ? 11p.
 Farrugia A., Decau M.L., Vertès F., Delaby L., 1997. Fourrages, 151, 281-296.

baisse du fait de l'augmentation des charges de mécanisation liée à la mise en culture d'une partie de la surface.

Tableau 4 : résultats de recherche d'autonomie azotée pour les exploitations type herbagères

	Base 2002	0 achat azote	
		<20 % lég.	>20 % lég.
Céréales autoconsommées (ha)	0,0	5,6	9,4
Protéo (ha)	0,0	1,8	2,6
SFP (ha)	100,0	92,6	86,5
dt maïs	0,0	0,0	1,5
dt herbe	100,0	92,6	84,9
Nb Vèlages	70	49	58
% engraissement	36	49	43
Concentrés kg / ugb	448	359	367
dt acheté (%)	100	9,5	0
Chargement	1,16	0,86	1,11
Vente Viande kg / ha	356	244	293
Autonomie N¹	88-96-90	99-100-98	100
Marge Brute (indice)	100	83	100

¹ Autonomie azotée en % : alimentaire-végétale-globale

DISCUSSION ET CONCLUSION

En élevages bovins allaitants, le rendement de l'azote est faible, mais le bilan (hors fixation) ne fait apparaître qu'un faible "potentiel polluant" pour les exploitations du Nord Massif Central alors que les exploitations laitières bretonnes présentent un excédent de 142 kg N/ha/an (Le Gall, 2000). Les exportations par les produits sont faibles, mais de gros progrès restent à faire sur la maîtrise des intrants. La maîtrise de la balance azotée passe par une meilleure gestion des fertilisants et des concentrés achetés, ce qui aura également une influence bénéfique sur le bilan énergétique de l'exploitation, puisque ces deux intrants représentent 60 % de l'énergie non renouvelable consommée sur les exploitations d'élevage (Ferrière *et al.*, 1997).

L'autonomie alimentaire globale apporte une certaine garantie sur le mode d'alimentation des animaux (traçabilité, OGM...), mais elle passe par une bonne valorisation de l'herbe qui nécessite une grande technicité. Cette recherche d'autonomie azotée est certainement freinée par la technicité qu'elle demande (rotations longues, abandon du modèle maïs-soja) non valorisée économiquement. En agriculture biologique, outre les fondements de ce système de production, le prix élevé des intrants ainsi que la plus value sur les prix de vente des produits incitent économiquement à la recherche d'autonomie à l'échelle de l'exploitation et la culture des légumineuses prend toute sa place (Veysset, 2002). L'utilisation rationnelle des engrais azotés et l'abandon des tourteaux importés au profit de la culture (dans les exploitations polyculture élevages) de protéagineux ne se fera que si leur prix augmente fortement, ou par une meilleure valorisation des produits issus d'une agriculture respectueuse de l'environnement.

- Ferrière J.M., Fauveau C., Chabanet G., Stoll J., Hoffman M., Risoud B., Farrugia A., Fortin G., 1997. Fourrages, 151, 331-350.
 Le Gall A., 2000. Bilan des minéraux dans les exploitations laitières, IE, 33p.
 Lherm M., Benoit M., 2002. Agriculture et produits alimentaires de montagne, INRA, ENITAC, 9-16.
 Simon J.C., Le Corre L., 1992. Fourrages, 129, 79-94.
 Veysset P., Lherm M., Hautcolas J.C., Bébin D., 2000. Renc. Rech. Ruminants, INRA, IE, 7, 325-328.