

Bilan de l'azote en Bretagne par bassin de production : l'importance des élevages porcins

Yves LEON (1), Etienne BLANCHET (1), Yves SURRY (2)

(1) Institut National de la Recherche Agronomique, Unité d'économie et sociologie rurales, CS 61103, 35011 Rennes Cedex

(2) Swedish University of Agricultural Sciences, Department of economics, P.O. Box 7070, SE-750 07 Uppsala, Sweden

Bilan de l'azote en Bretagne par bassin de production : l'importance des élevages porcins

La prise en compte des problèmes de pollution azotée engendrés par l'agriculture intensive, et notamment la production animale, nécessite de trouver le niveau géographique où des mesures différenciées de politique agricole et environnementale peuvent être appliquées d'une façon pertinente. Compte tenu du caractère intensif de sa production, en particulier animale et porcine, mais aussi de la diversité des situations locales qu'on y trouve, la Bretagne est un territoire intéressant pour ce type d'analyse. Nous y définissons quatorze bassins de production caractérisés par leur charge animale et leur potentiel agronomique. Pour chacun d'entre eux un bilan azoté détaillé est établi pour l'année 1997. On introduit pour chaque culture la notion de « surface réellement amendée en azote organique » ou SAMO. Elle est estimée à partir des pratiques des agriculteurs en matière de fertilisation organique selon l'origine des effluents : bovin, porcine et volaille. Le chargement animal varie notablement d'un bassin de production à l'autre, en particulier en fonction de la place des élevages porcins. Par suite, les pratiques de fertilisation diffèrent sensiblement et aboutissent à des situations contrastées en matière d'excédents : la moyenne est de 60 kg d'azote par hectare, avec un écart allant de 9 kg dans la région de légumière de Saint-Malo à 110 kg dans le bassin animal le plus intensif, celui de Saint-Renan. Sur cette base, il existerait des possibilités de résorption des excédents par la mise en place de marchés d'effluents.

Nitrogen balance in Breton production areas: the importance of pig operations

Taking into account pollution problems created by intensive agricultural production systems, notably livestock production, requires to find the appropriate geographical level where differentiated measures of agricultural and environmental policies can be applied in a relevant way. Brittany is an interesting region to apply this kind of analysis because it is characterized, on one hand, by an intensive agricultural production sector, and more especially for livestock and pigs, and the other, by very diverse situations at the local level. Hence, Brittany is broken down into fourteen distinct production areas that are defined according to their agronomic potential and to the importance of their livestock herds. For each of the production areas, we establish a detailed nitrogen balance for 1997. For each crop the notion of "truly amended organic nitrogen area" is introduced taking into account farmers' practices with respect to organic fertilization broken down into effluent origins (cattle, pig, poultry). The intensity of livestock herds significantly varies from one producing area to the next, depending upon the importance of pig operations. Hence, farmers' practices with respect to fertilization significantly differ, leading to contrasted situations in terms of nitrogen surpluses: the average is, overall, 60 kilos of nitrogen per hectare but with a variation ranging from nine kilos per hectare in the vegetables growing area of Saint Malo to 110 kilos per hectare in the more intensive livestock producing area of Saint Renan. Based on such results, there are possibilities to reduce nitrogen surpluses by setting up effluent markets.

INTRODUCTION

La prise en compte des problèmes environnementaux engendrés par l'agriculture intensive, et en particulier la production animale, nécessite de trouver le niveau d'intervention adapté. Tout comme les bassins d'emploi sont des espaces géographiques permettant de mettre en œuvre la politique économique, il semble justifié de définir des zones homogènes d'une taille suffisante pour s'attaquer aux questions de pollution d'origine agricole. En effet, la diffusion des éléments polluants : nitrates, phosphates, sels de potasse, etc. affecte les bassins versants et les régions côtières sur des étendues plus vastes que les communes ou cantons, mais plus limitées que les départements. En Bretagne, la charge en excédents minéraux est particulièrement importante et sa réduction est urgente (GIOVANNI, 2002 ; MAHE et al, 2001). La situation est suffisamment critique pour qu'un Plan d'action pour un développement pérenne de l'agriculture ait été signé en 2002 par tous les acteurs concernés. A la suite des travaux de MAHE et ORTALO-MAGNE sur le zonage du territoire agricole (2001), nous définissons en Bretagne des bassins de production où des mesures différenciées de politique agricole et environnementale, concernant les marchés de droits d'épandage ou la définition de labels de qualité environnementale, pourraient être appliquées d'une façon pertinente. Plus précisément, on présente ici un bilan azoté par bassin de production pour l'année 1997, en croisant les types d'effluents et les catégories de cultures sur lesquelles ils sont épandus. Les apports minéraux et organiques sont évalués sur la base des pratiques observées et l'on fait ressortir la place occupée par les élevages porcins dans le bilan global. L'utilisation de la notion de surface amendée en azote organique ou SAMO permet une approche fine du couple culture-effluent et finalement une estimation précise des épandages d'effluents effectivement réalisés¹. Même si la Bretagne souffre d'un excédent azoté globalement très important, cette présentation montre que la situation n'est pas homogène à la date étudiée, du fait d'une forte concentration des élevages dans certaines zones. Les résultats décrits ici d'une part sont à la base d'un modèle de programmation mathématique en cours d'essai visant à analyser les effets infra-régionaux de stratégies alternatives de développement durable, et de l'autre fournissent des pistes de réflexion sur les perspectives de la production porcine en Bretagne, en fonction d'hypothèses de travail sur les types d'élevages présents, leur densité globale et leur répartition géographique.

1. LES BASSINS DE PRODUCTION AGRICOLES EN BRETAGNE

Nous avons divisé la Bretagne en quatorze bassins de production (BP) présentant une certaine homogénéité du point de vue des systèmes d'élevage, du type de culture et du potentiel agronomique (carte). Leur définition résulte d'un compromis entre ces trois critères, la priorité ayant été donnée à la situation vis-à-vis des excédents structurels produits par les élevages, en particulier porcins, selon la délimitation

des cantons en excédents structurels en vigueur en 1997. Cette répartition géographique s'est appuyée à la fois sur les éléments statistiques disponibles, en particulier au niveau cantonal : la densité de la production animale exprimée en nombre d'UGB, la présence de légumes de plein champ et le potentiel agronomique, exprimé à partir des caractéristiques pédo-climatiques et en tenant compte des rendements en blé, maïs et herbe. Par ailleurs, la modélisation future incluant le test d'un marché d'effluents entre zones, celles-ci devaient être d'un seul tenant et aussi compactes que possible. Enfin, nous avons respecté au mieux le contour des zones en excédent structurel (ZES), dans leur délimitation de 1997, lorsqu'il était compatible avec nos critères de choix.

Parmi les BP ainsi délimités, certains sont essentiellement caractérisés par l'existence d'excédents structurels. C'est le cas, par exemple, des bassins de Guingamp (11) et Lamballe (12), de part et d'autre de la ville de Saint-Brieuc. Ils ne sont pas homogènes du point de vue du potentiel agronomique, car ils empiètent d'une part sur la zone humide du centre Bretagne, très favorable à la pousse de l'herbe et moins à celle du maïs, et de l'autre sur la région côtière, où c'est l'inverse. Ceux de Saint-Renan (8), dans le nord Finistère, et de Locminé (4), dans le Morbihan intérieur, sont également caractérisés par les excédents de fertilisation. D'autres BP, moins concernés par ce problème, sont bien délimités du point de vue du potentiel agronomique : les BP de Rennes (2) et de Redon (3) correspondent ainsi clairement à des régions agricoles bien typées, disposant respectivement d'un potentiel élevé ou faible. Le BP de Vannes (5) rassemble des cantons appartenant à une bande côtière à climat sec, peu favorable à l'herbe et aux céréales. Par ailleurs, on a tenu compte de la présence massive des cultures légumières dans des régions disposant d'un sol de lœss profond : Saint-Malo (1), Saint-Pol de Léon (9) et Lannion (10). Remarquons que le BP de Saint-Pol combine cette orientation avec la présence d'un cheptel important. La combinaison, dans nos choix, de la présence ou de l'absence d'excédents de fertilisation et des caractéristiques pédo-climatiques et agronomiques a pu rendre la délimitation des BP en partie arbitraire vis-à-vis d'un des critères, surtout lorsque

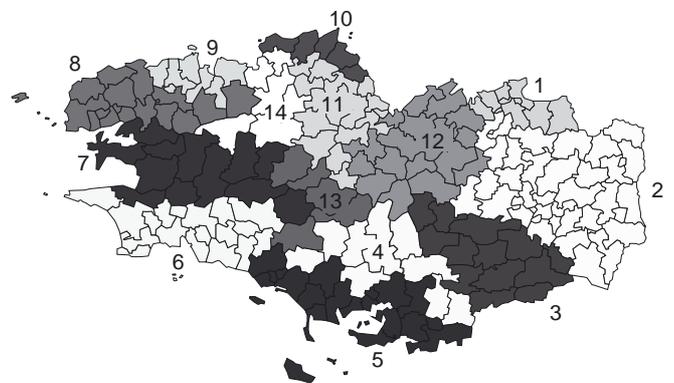


Figure 1 - Bassins de production bretons selon la charge animale et le potentiel agronomique

¹ Ce travail a été engagé dans le cadre du programme de recherche franco-néerlandais «Green Piggery» co-financé par l'INRA et le groupe scientifique «Université de Wageningen - LEI». Ce programme était constitué de plusieurs volets dont l'un visait à étudier aux niveaux breton et néerlandais l'impact méso-économique de l'adoption de systèmes de production porcine plus compatibles avec les attentes du consommateur et du citoyen.

l'on trouvait des cantons en excédent structurel géographiquement isolés et que le compartimentage pédoclimatique rendait la situation agronomique complexe. Par conséquent, certains BP sont moins homogènes, en particulier dans une bonne partie du Finistère : c'est le cas de ceux de Quimper (6) et Carhaix (7). Enfin, les BP de Pontivy (13) et Callac (14) appartiennent à la zone humide du centre Bretagne et sont assez homogènes en ce qui concerne le potentiel agronomique. Ils forment une zone-tampon rassemblant les cantons hors ZES des Côtes-d'Armor, du Finistère et du Morbihan.

Le tableau 1 permet de fixer les idées en ce qui concerne la densité animale des différents BP et la place relative des élevages porcins. En moyenne, la charge animale, appréciée selon la densité en unités gros bétail (UGB) par hectare de SAU ou de SFP, est à peu près trois fois plus forte en Bretagne qu'en France. Toutefois, les variations sont très notables d'un BP à l'autre, et l'on retrouve sous une forme quantifiée certains des éléments descriptifs présentés ci-dessus. Les UGB porcines représentent en moyenne 30 % du total en Bretagne, et dans certains BP ce pourcentage atteint ou dépasse 40 % : Saint-Pol de Léon (39 %), Lamballe (42 %) et Saint-Renan (44 %). Il existe une relation très étroite entre la part des UGB porcines dans le total et la densité en UGB par hectare de SFP, les BP se classant pratiquement dans le même ordre dans les deux cas. Les élevages porcins jouent donc un rôle clé dans la définition du « profil » des bassins de production bretons en matière de production animale et d'effluents azotés.

Tableau 1 - Chargement animal par bassin de production (en UGB)

	UGB porcines / UGB totales	UGB / ha SFP
1 Saint Malo	0,18	3,8
2 Rennes	0,26	4,5
3 Redon	0,23	4,4
4 Locminé	0,29	7,7
5 Vannes	0,16	3,4
6 Quimper	0,28	5,3
7 Carhaix	0,28	5,9
8 Saint Renan	0,44	8,0
9 Saint Pol de Léon	0,39	9,9
10 Paimpol	0,25	6,6
11 Guingamp	0,29	7,6
12 Lamballe	0,42	9,8
13 Pontivy	0,23	5,3
14 Callac	0,13	3,6
Bretagne	0,30	5,9
France	0,11	2,2

Source : Recensement de l'agriculture 2000

2. MÉTHODE D'ÉTABLISSEMENT DU BILAN AZOTÉ

La démarche suivie est classique (BREEMBROEK et al, 1996 ; GIOVANNI, 2002 ; ONDERSTEIJN et al, 2002). Il s'agit d'un bilan établi au niveau de chaque BP, considéré comme une exploitation unique. On compare les apports d'azote

(minéral et organique) au sol et la consommation d'azote par les plantes, mais on ne prend en compte ni les apports atmosphériques ni la dynamique de l'azote dans le sol. L'originalité de l'approche tient dans l'estimation des quantités d'azote organique efficace² épandues sur chaque culture, selon le type d'effluent dont elles proviennent. Ce degré de précision n'est en général pas disponible, lorsque l'on travaille à une échelle dépassant quelques exploitations, car cette donnée nécessite une connaissance fine des pratiques de fertilisation. Pour obtenir cette information, nous avons donc été amenés à mettre au point une approche spécifique qui est décrite ci-dessous.

L'estimation des quantités d'azote organique et minéral apportées aux différentes cultures utilise les résultats d'enquêtes sur les pratiques de fertilisation des agriculteurs menées d'une part par la Chambre régionale d'agriculture de Bretagne (CRAB, 1997), et de l'autre par les services statistiques du Ministère de l'agriculture (MAPA, 1996 ; MAP, 2000). Par ailleurs, nous utilisons les données provenant des exploitations suivies par les Centres d'économie rurale de Bretagne pour les rendements des cultures et laitiers, et pour le calcul des coefficients techniques propres aux différents systèmes de production. Ces informations permettent de donner une plus grande précision à nos estimations. Pour l'estimation des quantités d'azote organique épandues, on part des quantités d'effluents produites par les différentes catégories d'animaux : bovins, porcins, poules et autres volailles³. Elles sont converties en azote à partir des références du CORPEN (CORPEN, 1996 à 2001). Leur répartition sur les différents types de cultures est estimée sur la base de la surface réellement amendée en matière organique ou SAMO. Celle-ci correspond à la fraction maximale de la surface d'une culture pouvant recevoir une fertilisation organique provenant d'une catégorie d'effluent donnée, compte tenu des limites réglementaires et des pratiques agronomiques en vigueur (CRAB, 2000).

Pour une culture donnée, la SAMO est calculée à partir de la surface potentiellement épandable (SPE), correspondant à environ 80 % de la surface agricole utilisée, étant exclues les terres proches des habitations et des cours d'eau, les surfaces en légumineuses et gelées. Par ailleurs, les épandages ne concernent pas toute la SPE pour des raisons agronomiques et techniques et sont fonction des caractéristiques des effluents apportés. On arrive ainsi à la notion de SAMO, surface sur laquelle on apporte annuellement des amendements organiques. Les coefficients permettant de la calculer sont extraits de l'enquête d'évaluation et de suivi de la directive nitrates réalisée en Bretagne (CRAB, 1997). Pour chaque culture, on peut ainsi estimer la fraction de la surface recevant une catégorie d'effluent donnée (tableau 2). Les SAMO des différentes cultures peuvent être sommées pour donner la SAMO totale d'une exploitation ou d'une zone.

² L'azote efficace correspond à la fraction de l'azote organique pouvant être utilisée par la culture qui suit un amendement organique. Cette fraction est principalement fonction de la nature de la matière organique apportée et de l'espèce cultivée. On l'estime à partir d'un coefficient d'effet direct.

³ Pour les élevages porcins, on a tenu compte de la part de l'alimentation bi-phase.

Tableau 2 - Coefficients SAMO applicables aux différentes cultures selon le type d'effluent (en %)

	SAMO	Bovin maîtrisable	Bovin non maîtrisable	Porcin	Poule pondeuse	Autres volailles
Blé tendre	22	2	-	10	4	6
Orge	22	2	-	10	4	6
Maïs grain	72	44	-	22	2	4
Autres céréales	22	2	-	10	4	6
Oléagineux	50	15	-	20	5	10
Protéagineux	-	-	-	-	-	-
Légumes frais	16	12	-	0	0	4
Maïs fourrage	72	44	-	22	2	4
Prairies	38	20	(100)	10	4	4
Autres fourrages	38	20	-	10	4	4

Sources : CRAB, 2000 et communication personnelle

Ce tableau se lit comme suit : en moyenne, 2 % de la surface consacrée au blé reçoivent des effluents d'origine bovine, 10 % des effluents porcins, etc. Globalement, la SAMO du blé tendre est de 22 %. Remarquons que l'on n'utilise pas d'amendements organiques sur les protéagineux, alors que les prairies reçoivent des épandages organiques sur 38 % de leur surface, tout en étant concernées à 100 % par les déjections des bovins (effluent bovin non maîtrisable). La répartition des épandages d'effluents par BP est obtenue à partir des éléments de ce tableau.

3. ESTIMATIONS DES APPORTS ET DE LA CONSOMMATION D'AZOTE PAR BASSIN DE PRODUCTION

3.1. Apports

La présentation des BP a fait ressortir les disparités de chargement animal au sein de la Bretagne. Ainsi, le nord du Finistère (Saint-Pol de Léon et Saint-Renan), la partie centrale des Côtes-d'Armor (Lamballe et Guingamp) et le BP de

Locminé dans le Morbihan sont caractérisés par les chargements les plus forts, en opposition avec les BP de Saint-Malo et Vannes sur le littoral et de Callac, à cheval sur les Côtes-d'Armor et le Finistère. Ces disparités se retrouvent naturellement dans la fertilisation en azote organique et, au-delà, en azote total, car les agriculteurs ne réduisent pas leurs apports en engrais achetés en proportion de leurs disponibilités en effluents d'élevage. Les BP à fort chargement animal sont généralement en tête du classement selon la fertilisation totale, car les pratiques d'épandage d'engrais sont assez homogènes (coefficient de variation : 0,1). Les BP où l'élevage est moins important sont en queue du classement, sauf Callac, de façon assez paradoxale (tableau 3). Le graphique montre la part de l'azote produit par les élevages porcins dans l'ensemble des amendements organiques : de 14 % (Vannes) à 49 % (Lamballe). Il existe une relation entre cette part et le poids de l'amendement organique dans la fertilisation totale, mais la relation n'est pas stricte (R^2 des rangs = 0,437), ce qui confirme la diversité des situations rencontrées d'un BP à l'autre du point de vue de la combinaison des systèmes de production animaux.

Tableau 3 - Azote efficace produit par les élevages porcins et les autres élevages (1) et azote minéral épandu (en kg de N/ha)

	Porcs	Autres élevages	Azote organique efficace	Azote minéral	Total
1 Saint Malo	5	22	27	85	112
2 Rennes	14	38	52	92	144
3 Redon	9	31	40	88	127
4 Locminé	21	50	71	76	147
5 Vannes	5	31	36	83	119
6 Quimper	14	35	49	79	128
7 Carhaix	18	46	64	76	140
8 Saint Renan	43	49	92	70	162
9 Saint Pol de Léon	18	32	50	68	118
10 Paimpol	14	25	53	82	121
11 Guingamp	23	51	74	78	152
12 Lamballe	41	42	83	85	168
13 Pontivy	8	34	42	83	125
14 Callac	11	60	71	83	154
Bretagne	19	40	59	82	141

Note (1) : estimé sur la base des surfaces réellement amendées en azote organique (SAMO) et après application du coefficient d'effet direct
Source : Calculs des auteurs à partir du tableau des coefficients SAMO établi par la Chambre régionale d'agriculture de Bretagne

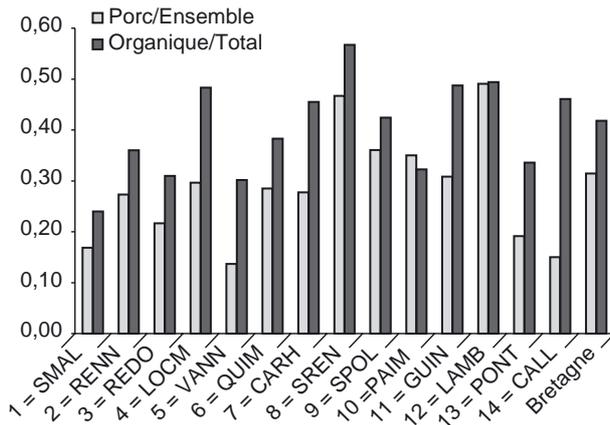


Figure 2 - Part de l'azote organique d'origine porcine dans l'ensemble de l'azote organique et de l'azote organique dans le total de la fertilisation

3.2. Consommation

L'estimation des exportations d'azote par les plantes est basée sur les références fournies par le CORPEN et tient compte des rendements obtenus. Ceux-ci sont tirés des informations fournies par les Centres d'économie rurale et ajustés à partir des estimations de production fournies par la statistique agricole pour les départements de la Région Bretagne. En ce qui concerne les prairies, on a utilisé la répartition du territoire breton en régions fourragères mise au point par la statistique agricole à l'occasion de l'enquête « prairies » de 1998 sur les pratiques culturales.

4. BILAN AZOTÉ PAR BASSIN DE PRODUCTION

Globalement, le bilan dressé par BP fait ressortir un excédent moyen de 60 kilos par hectare, c'est-à-dire un peu plus de 110 000 tonnes pour l'ensemble de la Bretagne (tableau 4). Cette estimation est proche de celles fournies par divers auteurs pour les années encadrant le tournant du millénaire

(GIOVANNI, 2002 ; CHAPPELLE, 2003). Cette proximité ne doit pas faire oublier que les méthodes employées ne sont pas strictement comparables. En effet notre résultat résulte de la sommation d'estimations réalisées à un niveau géographique infra-départemental, sur la base des surfaces et élevages réels, alors que ceux des auteurs cités correspondent à des estimations régionales ou départementales.

A l'échelle des BP bretons les disparités existant entre les pratiques de fertilisation sont flagrantes. Elles aboutissent à des situations très contrastées en matière d'excédents. Seul le BP de Saint-Malo est proche de l'équilibre. Tous les autres sont excédentaires, mais l'éventail des situations est largement ouvert : de l'ordre de 30 kg par ha à Redon, l'excédent grimpe à 110 dans le BP de Saint-Renan. Ce sont les BP où l'élevage occupe une place majeure : Saint-Renan, Lamballe, Guingamp et Locminé, qui affichent les excédents les plus élevés. Toutefois, comme cela avait été remarqué plus haut, l'excédent d'azote par hectare est encore élevé – de l'ordre de 40 kg par ha – pour des BP moins orientés vers la production animale : Vannes, Paimpol ou Pontivy, et surtout pour Callac où il atteint 57 kg/ha. Les effets néfastes de la charge polluante sont a priori considérables pour les BP les plus excédentaires : 18 000 tonnes d'azote pour le BP de Lamballe, par exemple, soit l'équivalent de l'excédent du Morbihan, mais ils sont également préoccupants ailleurs. Les BP de Saint-Renan, Lamballe et Guingamp sont au-dessus du seuil de 170 kg d'azote organique/ha de SPE, qui détermine le classement en ZES au niveau cantonal. Ceci semble montrer qu'en 1997 il existait ailleurs des possibilités de résorption locales à l'échelle des BP que nous avons délimités, et plus encore entre BP, par la mise en place de marchés d'effluents (LE GOFFE, VERMERSCH, 2004).

CONCLUSION

Cette communication met en œuvre pour la Bretagne une méthodologie d'estimation des bilans azotés qui se distingue

Tableau 4 - Apports et exportations d'azote en kg par hectare et excédent azoté en kg par hectare et en tonnes

	Apports (kg/ha) (1)	dont azote organique (kg/ha SPE) (2)	Exportations (kg/ha)	Excédent (kg/ha)	Excédent (tonnes)
1 Saint Malo	143	73	134	9	500
2 Rennes	199	134	142	58	21 600
3 Redon	169	102	141	28	5 000
4 Locminé	211	168	141	70	10 600
5 Vannes	158	93	122	36	4 400
6 Quimper	176	121	134	42	5 300
7 Carhaix	199	153	140	59	11 400
8 Saint Renan	243	217	133	110	13 100
9 Saint Pol de Léon	164	120	106	59	3 600
10 Paimpol	158	95	118	40	1 300
11 Guingamp	217	174	138	79	10 000
12 Lamballe	238	191	148	89	18 300
13 Pontivy	166	104	129	37	3 200
14 Callac	187	130	130	57	5 100
Bretagne	197	142	137	60	113 400

Note : (1) Azote total apporté par les effluents d'élevage et les engrais achetés ; (2) la SPE est égale à 0,8 SAU

par les deux caractéristiques suivantes : un découpage de la région étudiée en bassins de production selon leur charge animale et leur potentiel agronomique et l'utilisation de la notion de surface réellement amendée en azote organique (SAMO), qui permet une analyse fine de la fertilisation organique sur la base des pratiques observées. Les bilans azotés établis pour les quatorze bassins de production bretons pour l'année 1997 montrent la variation importante du chargement animal à travers l'ensemble de la Bretagne en fonction, entre autres, de la place des élevages porcins. La quasi-totalité des bassins de production souffre d'un excédent azoté, mais les situations sont très contrastées. Elles dépendent largement de l'orientation productive et du degré d'intensité de la production. Ces résultats ouvrent la voie à des analyses économiques plus approfondies permettant d'évaluer, par exemple à l'aide de modèles de programmation mathématique, l'impact de mesures différenciées de politique agrico-

le et environnementale telles que l'instauration de marchés de droits d'épandage.

REMERCIEMENTS

Le matériau statistique utilisé provient des enquêtes (1994 et 1998) et du recensement agricole (2000) réalisés par le Service central des enquêtes et études statistiques du Ministère de l'agriculture, et en particulier son service régional de Bretagne, et des comptabilités des centres d'économie rurale de Bretagne. Nous remercions ces organismes pour leur collaboration efficace. Une grande partie du travail d'élaboration des données a été menée en collaboration avec la Chambre régionale d'agriculture de Bretagne. Nous remercions Patrice Plet, Robert Blondel et Laurent Morin pour leur aide et leurs conseils avisés. Il va de soi que nous restons seuls responsables des erreurs éventuelles contenues dans ce texte.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BREEMBROEK J.A., KOOLE B., POPPE K.J. et WOSSINK G.A.A., 1996. *Agricultural Systems*, 51, 29-40.
- CHAMBRE REGIONALE D'AGRICULTURE DE BRETAGNE, 1997. *Elaboration des programmes d'action de la Directive nitrate en Bretagne*, Rennes, CRAB, 5 vol.
- CHAMBRE REGIONALE D'AGRICULTURE DE BRETAGNE, 2000. *Suivi et évaluation de la Directive nitrates*, Rennes, CRAB.
- CHAPELLE C., 2003. *Agreste Primeur*, 123, 4 p.
- CORPEN, 1996 à 2001. *Estimation des rejets d'azote des élevages de porcs, 1996 ; avicoles, 1996 ; cunicoles, 1999 ; associés aux vaches laitières, 1999 ; associés aux bovins allaitants et en croissance, 2001.*
- GIOVANNI R., 2002. *Fourrages*, 170, 123-140.
- LE GOFFE P., VERMERSCH D., 2004. *Economie Rurale*, 279, 20-32.
- MAHÉ L.P., DAUCÉ P., LE GOFFE P., LÉON Y., QUINQU M., SURRY Y., 2001. *L'avenir de l'agriculture bretonne. Continuité ou changement ?* Rennes, Apogée, 149 p.
- MAHÉ L.P., ORTALO-MAGNÉ F., 2001. *Politique agricole. Un modèle européen*, Paris, Presses de Sciences Po,
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE LA PECHE ET DE L'ALIMENTATION, 1996. *Les pratiques culturales sur grandes cultures en 1994*, Agreste, *Données Chiffrées*, 85, 195 p.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE, 2000. *Les prairies en 1998*, Agreste, *Chiffres et Données*, Agriculture, 128, 73 p.
- ONDERSTEIJN C.J.M., BELDMAN A.C.G., DAATSELAAR C.H.G., GIESEN G.W.J., HUIRNE R.B.M., 2002, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 92, 283-296.