

# Filière luzerne en France

## Des atouts en faveur de l'environnement

**La déshydratation de la luzerne consomme d'importantes quantités d'énergie, mais par la fixation de carbone et d'azote, la plante a une activité dépolluante intéressante dans le cadre de la protection de l'environnement, tout en apportant des protéines aux filières animales.<sup>1</sup>**

© INRA - P. Thiébeau



*Si la luzerne est récoltée par temps sec et chaud et qu'elle est préfanée, la consommation énergétique lors de sa déshydratation est fortement réduite.*

### Contexte dans lequel se trouve la filière luzerne déshydratée en France

Depuis plusieurs années, l'industrie de la déshydratation de luzerne en France est soumise à des textes législatifs ou réglementaires qui tendent à limiter son activité, notamment vis à vis des rejets vers l'atmosphère et des eaux résiduaires. Toutefois, la culture et la déshydratation peuvent être positives pour l'environnement. Ainsi, par un arrêté du 02/02/98 (JO 03/03/98), modifié le 14/02/2000, relatif aux installations classées pour la protection de l'environnement, la luzerne est autorisée à recevoir des effluents agro-industriels pour les recycler, dans la limite

d'apports azotés ne dépassant pas 200 kg/ha.

La prise de conscience de l'opinion publique des multiples atteintes que l'activité humaine, et notamment de l'agriculture et de l'agro-industrie, cause à l'environnement, cautionne la mise en place de textes réglementant plus sévèrement les rejets que ces activités sont conduites à réaliser. Annoncée par le gouvernement au cours de l'été 1998, la taxe générale sur les activités polluantes (TGAP) a unifié en 1999, cinq taxes fiscales ou parafiscales (déchets, bruit, pollution atmosphérique, huiles usagées) affectées à l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe). L'industrie de la déshydratation est directement concernée par ces dispositions qui seront mises en application, selon une directive Européenne, en 2002. C'est pourquoi il nous paraît intéressant de réaliser une approche en terme de bilan énergétique, afin d'avoir une vision d'ensemble de l'effet de l'activité de cette filière dans la région où elle est la plus présente en France : la région Champagne-Ardenne<sup>2</sup>. Nous allons successivement analyser les éléments à mettre au passif, puis à l'actif de cette filière, sous les aspects énergétiques proprement dit, puis pour les éléments carbone et azote. Ce bilan est strictement limité à la filière de la déshydratation de la luzerne : du semis de la luzerne, à sa sortie de l'usine. Ce n'est en aucun cas une analyse du cycle de vie de la luzerne déshydratée.

### Un bilan énergétique déficitaire

**Une quantité d'énergie importante pour le séchage**  
Pour être déshydratée, la

P. Thiébeau, E. Justes  
(INRA)  
P. Vanloot  
(Chambre d'Agriculture  
de l'Aisne)

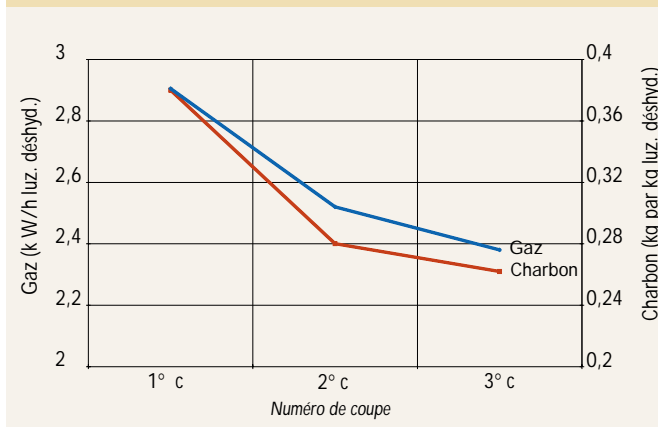


luzerne nécessite de l'énergie en quantité importante, afin de rester le moins de temps possible en four à haute température. Les énergies à partir desquelles la luzerne est déshydratée sont variées. En France comme en Europe, le charbon, le gaz, et le fioul sont les plus utilisées. Compte tenu des restructurations réalisées depuis une dizaine d'années, le charbon est l'énergie la plus utilisée aujourd'hui, suivie, selon les cours et les contrats négociés chaque année, par le gaz et le fioul. L'électricité est délaissée par les responsables d'unité à cause de son coût trop élevé.

Il faut en moyenne 280 à 350 kg de charbon pour sécher et obtenir 1 t de luzerne déshydratée. Ce charbon peut être de qualité assez variable, selon sa provenance, ce qui fait varier la quantité nécessaire pour obtenir 1 t de luzerne déshydratée, mais ne constitue pas la seule source de variation de la quantité de charbon nécessaire. En effet, la teneur en eau des plantes est également une source de variation importante, comme peut l'être la technique de récolte : un temps relativement pluvieux, des plantes jeunes récoltées sans préfanage (printemps) sont des facteurs qui tendent à augmenter la consommation énergétique, à l'inverse d'un temps chaud, sec, venteux, et de plantes récoltées tardivement avec un préfanage. Ainsi, pour une même unité de déshydratation, il est possible de distinguer des niveaux de consommation énergétique différents selon le numéro de la coupe (figure 1). Il faut toutefois noter qu'une teneur en matière sèche élevée n'est pas forcément synonyme d'une faible teneur en protéines,

### La consommation énergétique varie selon les conditions de récolte

Evolution de la consommation de combustible en fonction du numéro de coupe de la luzerne à déshydrater (figure 1)



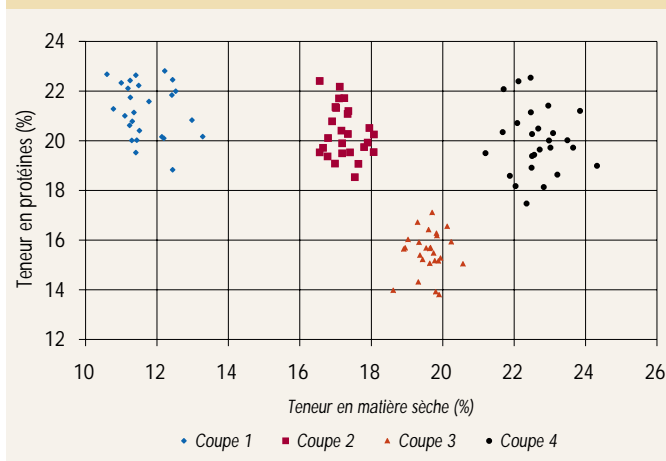
même en coupe n°4 (figure 2). La valeur calorifique du charbon<sup>3</sup> oscille entre 7 500 et 8 500 kg calories/kg de charbon, avec une valeur qui peut atteindre 8 600 kg calories pour les charbons les plus gras. Le charbon usité en région Champagne-Ardenne est un charbon en provenance d'Afrique du Sud. Sa valeur énergétique est de 6 400 kcal/kg de charbon. Il est utilisé après l'allumage du four, qui se réalise avec un charbon ayant un meilleur pouvoir calorifique : > à 7 000 kcal/kg.

En ce qui concerne le gaz, le volume utilisé pour déshydrater la luzerne est converti en kWh. La puissance calorifique nécessaire pour obtenir 1 t de luzerne déshydratée oscille entre 2 000 et 3 000 kWh.

En retenant les valeurs moyennes pondérées obtenues en usine de 340 kg de charbon et de 2 550 kWh<sup>4</sup> issu du gaz pour obtenir une tonne de luzerne déshydratée, les consommations énergétiques sont respectivement de 2 176 000 et 2 193 286 kg calories.

### Forte teneur en MS ne veut pas dire faible teneur protéique

Relation teneur en matière sèche/teneur en protéines de luzernes déshydratées en 1999, selon le numéro de la coupe (figure 2)



## Résumé

Afin de mesurer l'impact de la filière luzerne déshydratée très consommatrice en énergies fossiles, dans son environnement, nous avons réalisé des bilans énergétique, carboné et azoté nous permettant d'en mesurer l'effet global. L'étude s'inscrit du semis de la luzerne à la sortie d'usine de déshydratation. Il en résulte que si la déshydratation de la luzerne apparaît très déficitaire sur le plan énergétique, la fixation d'azote atmosphérique que la luzerne réalise par l'intermédiaire de sa symbiose avec *Rhizobium meliloti* L. et le piégeage de carbone lié au processus de la photosynthèse, montrent que la luzerne contribue à limiter les effets de l'activité de l'homme sur son environnement.

### Des consommations intermédiaires à prendre en compte

Les consommations intermédiaires de la filière comprennent : les consommations de carburant pour la préparation du sol et l'implantation de la culture, les opérations de récolte (fauche, ramassage/ broyage) et de transport jusqu'à l'usine, ainsi que les consommations électriques annexes, liées au fonctionnement de l'outil de production (broyage, presse à granulés, refroidisseur, etc.).

L'implantation d'un hectare de luzerne nécessite environ 30 l de fioul<sup>5</sup>. Cette donnée intègre un labour, un apport d'engrais, une préparation du lit de semence, le semis et un passage de désherbant. Le fioul, comme le gazole, a un pouvoir calorifique de 10 250 kcal/kg de produit<sup>6</sup> pour une densité de 0,845 kg/l. La quantité d'énergie nécessaire pour l'im- ➔

⇨ plantation de cette culture est donc de 259837 kcal/ha. En considérant un rendement de 13,2 t de matière sèche/ha/an, correspondant à la production moyenne des 6 dernières campagnes (*Agreste, 2000*), le coût énergétique de l'implantation de la luzerne revient à 9842 kcal/t de luzerne déshydratée.

Les consommations de carburants (fioul et gazole) par tonne de luzerne déshydratée sont de 6,4 l pour la récolte (fauche et ramassage) et de 3 l pour le transport jusqu'à l'usine. Ils représentent une dépense de 81 416 kcal/t de luzerne déshydratée.

Enfin, les consommations d'électricité pour les forces motrices annexes sont estimées à 140 kW/t de luzerne déshydratée<sup>7</sup>, soit 120 416 kg calories/t.

Le bilan des consommations intermédiaires est donc de 211 674 kcal/t de luzerne déshydratée, réparti à raison de 4,6 % pour l'implantation de la culture, 38,5 % pour la récolte et l'acheminement à l'usine, et 56,9 % pour les forces motrices annexes de l'outil de production.

**Une valorisation énergétique potentielle de la luzerne pour l'alimentation animale**

La luzerne déshydratée est produite pour être un complément de la ration des animaux domestiques (poulets, lapins, bovins, etc.). C'est donc une valorisation que l'on doit prendre en compte. L'énergie procurée par une tonne de luzerne déshydratée dépend de la valorisation animale (lait ou viande). Nous partons sur l'exemple d'un cheptel laitier parce que c'est un secteur de marché de l'alimentation que la filière souhaite conquérir davantage, en lieu et place du tourteau de soja préférentiel-

**Un bilan énergétique très déficitaire...**

**Bilan énergétique de la production de luzerne déshydratée (kcal/t de luzerne déshydratée) (tableau 1)**

	Charbon	Gaz
<b>PASSIF</b>		
Energie utilisée pour la déshydratation	- 2 176 000	- 2 193 286
Consommations intermédiaires	- 211 674	- 211 674
<b>ACTIF</b>		
Valorisation potentielle par un troupeau laitier	+ 1 521 100	+ 1 521 100
<b>BILAN (kcal/t de luzerne déshydratée)</b>	<b>- 866 574</b>	<b>- 883 860</b>

**Quantité de carbone fixé par une culture de luzerne pure après deux années d'exploitation (tableau 2)**

	t MS/ha au bout de 2 ans	t C/ha
Biomasse déshydratée	26.4	11.9
Biomasse des collets	3.1	1.4
Biomasse racinaire (0-20 cm)	4.9	2.2
Biomasse racinaire > 20 cm	1.2	0.5
<b>Total du carbone fixé par la culture après deux années d'exploitation :</b>		<b>16.0</b>

lement utilisé par les éleveurs comme source de complément azoté des rations.

L'énergie contenue dans 1 kg de luzerne déshydratée, de teneur en protéines de 19,4 % sur produit sec, est de 0,82 UFL<sup>8</sup>. Sachant qu'une UFL correspond à 1 855 kcal, la valeur énergétique de 1 t de luzerne déshydratée valorisée par un élevage laitier est donc de 1 521 100 kg calories<sup>9</sup>.

La luzerne retenue ici n'est pas celle mise en avant par les professionnels de la filière pour conquérir ce créneau, car il existe des produits plus énergétiques. Mais ce bilan se veut réaliste d'une tendance globale. C'est pourquoi une valeur moyenne pondérée (19,4 %), obtenue au cours d'une campagne de production en usines (1999), a été considérée ici.

**Le bilan énergétique général est déficitaire (tableau 1)**, avec une différence de 2 % entre les deux énergies considérées ; ce qui n'est pas significatif. Sur la base de 13,2 t de luzerne déshydratée / ha / an pour une superficie de

73 200 ha en région Champagne-Ardenne (*Agreste, 2000*), ce déficit représente 87 000 à 89 000 tonnes équivalent pétrole (tep). Cela peut paraître considérable, mais une comparaison avec les bilans d'autres sources protéiques serait nécessaire pour mieux évaluer la situation, ce qui n'a pas été réalisé ici. Toutefois, il faut noter que la production de luzerne, comme celle de toute autre légumineuse, n'utilise pas d'engrais azoté, ce qui représente une économie supplémentaire d'énergie.

**Un bilan carboné très intéressant**

**Un passif qui dépend des énergies de séchage...**

La déshydratation de la luzerne est grosse consommatrice d'énergie fossile, riche en CO<sub>2</sub>, qui repart dans l'atmosphère lors de sa combustion et contribue notamment à amplifier l'effet de serre. Les quantités de carbone ainsi émises sont respectivement pour le charbon et le gaz de

243,8 kg C/t et de 142,8 kg C/t de luzerne déshydratée<sup>10</sup>. Compte tenu des quantités de gaz nécessaires à la déshydratation pour l'obtention d'une tonne de granulé sec, cette énergie montre un niveau de rejet de carbone inférieur de plus de 40 % à celui d'une tonne de granulé obtenue à partir d'un séchage au charbon, ce qui est important et démontre l'intérêt du gaz pour réduire les rejets atmosphériques de CO<sub>2</sub>.

**Des consommations intermédiaires qui pèsent peu sur le bilan**

Elles ne concernent ici que les opérations d'implantation de la culture et de récolte-transport à l'usine ; les consommations électriques annexes fonctionnant à l'énergie électrique, ne sont pas une source de rejets carbonés pour la filière.

Pour l'implantation de la culture, la quantité de carbone libérée est de 21,8 kg/ha (86 % du poids de carburant<sup>11</sup>) pour deux années de production, soit 0,83 kg C/t de luzerne déshydratée.

Quant aux rejets liés aux consommations de carburants pour la récolte et le transport, sur les mêmes bases de calculs, la quantité de carbone libérée est de 6,83 kg C/t de luzerne déshydratée.

Le bilan des consommations intermédiaires montre que l'activité de déshydratation rejette 7,66 kg C/t de luzerne déshydratée, dont près de 90 % sont liés à la récolte et au transport du champ à l'usine.

**La fixation de CO<sub>2</sub> par la photosynthèse est importante.**

La matière sèche d'une plante est composée pour une large part de carbone. Le CO<sub>2</sub> est fixé par les parties vertes



de la plante (feuilles et tiges) grâce à la photosynthèse<sup>12</sup>.

Les différentes parties de la luzerne (feuilles, tiges, collets, racines) contiennent entre 44 et 47 % de carbone (selon nos travaux INRA de Reims) : une valeur moyenne de 45 %, tous organes confondus, sera retenue pour le calcul. En reprenant les bilans de production par hectare présentés ci-dessus, complété par les biomasses des parties non récoltées (collets et racines) présentes lors de la destruction de la culture, le bilan montre qu'en deux années d'exploitation, chaque hectare de luzerne fixe en moyenne 16 t de carbone (tableau 2) ; ce qui est très important. Néanmoins, une partie du carbone restitué au sol par la biomasse incorporée lors de la destruction ne l'est que transitoirement. En effet, à l'issue du processus de minéralisation, une fraction oscillant entre 40 et 50 % va repartir vers l'atmosphère<sup>13</sup> sous forme de CO<sub>2</sub>. En retenant une valeur moyenne de 45 %, la fixation nette de carbone par les collets et les racines est donc de 2,3 t/ha après deux années d'exploitation, au lieu des 4,1 t considérées dans le bilan précédent. La fixation nette de carbone par une culture de luzerne après deux années de culture est donc de 14,2 t C/ha. Ramené à la tonne de luzerne déshydratée produite,



© INRA - P. Thiébeau

Par la fixation d'azote et de carbone, la luzerne se place comme une culture "dépolluante". Elle réduit aussi la dépendance protéique de l'Union Européenne vis-à-vis du continent américain.

cela correspond à 536,4 kg C/t.

**Le bilan général de l'élément carbone est positif** pour la culture de la luzerne (tableau 3). La forme d'énergie utilisée pour déshydrater la luzerne a une importance appréciable, puisque le bilan utilisant du gaz est supérieur de plus de 35 % à celui utilisant du charbon. Une déshydratation à partir de l'énergie électrique, qui ne rejette pas de carbone, présenterait un bilan très nettement supérieur puisque seuls les rejets de carbone liés à la récolte et au transport seraient au passif de ce bilan.

L'effet de l'activité de la filière est très favorable à la lutte contre l'effet de serre. Extrapolé aux quantités de luzerne déshydratées produites par ha et à la superficie cultivée en luzerne dans ce bassin de production national, cette culture fixe chaque année entre 275 000 et 372 000 t de carbone.

### Un bilan azoté à ne pas oublier...

**Aucun élément n'est à mettre au passif puisque la luzerne est une légumineuse non fertilisée**

La luzerne est une plante de la famille des légumineuses. Comme toutes les espèces de cette famille, elle vit en symbiose avec une bactérie du sol (*Rhizobium meliloti* L.) qui lui permet de fixer l'azote de l'air. Ainsi, la luzerne est une culture qui exporte 2 à 3 t/ha/an de protéines, sans aucun apport d'engrais azoté de la part de l'agriculteur. Il n'y a donc pas d'éléments à mettre au passif de ce bilan.

### L'absorption et la fixation d'azote sont importantes

L'azote utilisé par la luzerne pour ses besoins physiologiques est prélevé préférentiellement dans le sol, et dans l'atmosphère grâce aux rhizobiums, dès que ce premier n'en contient plus. Ce comportement a été démontré par plusieurs travaux (Muller et Ledain, 1992 ; Muller et al., 1993 ; Larbre et Usunier, 1995). Elle épure donc le sol de ses nitrates, ce qui a conduit Spallaci et al. (1996) à qualifier la luzerne de plante "nitrato-phage", bien que ce soit une légumineuse.

La luzerne peut donc résoudre temporairement des excédents azotés présents sur un bassin de production. Mais elle doit avant tout être utilisée pour fixer l'azote atmosphérique, et faire des économies d'engrais azotés. C'est donc dans ce cas que sa présence est la plus favorable à l'environnement.

Dans le cadre d'un bilan azoté, l'azote ainsi piégé et/ou ↔

#### ... mais un bilan carboné positif...

**Bilan carboné de la production de luzerne déshydratée (kg C/t de luzerne déshydratée) (tableau 3)**

	▼ Charbon	▼ Gaz
<b>PASSIF</b>		
Carbone rejeté pour la déshydratation	- 243.8	- 142.8
Consommations intermédiaires	- 7.7	- 7.7
<b>ACTIF</b>		
Fixation carbonée par la culture	+ 536.4	+ 536.4
<b>BILAN (kg C/t de luzerne déshydratée)</b>	<b>+ 284.9</b>	<b>+ 385.9</b>

fixé peut être quantifié à partir de la teneur en protéines, puisque pour obtenir cette teneur, les laboratoires analysent l'azote total de la plante, qu'ils multiplient par le coefficient de 6,25. Sur la campagne 1999, la luzerne récoltée avait une teneur moyenne pondérée de 19,4 % de protéines sur produit sec, ce qui correspond à 31 kg N/t de luzerne déshydratée<sup>14</sup>.

**Mais la luzerne restitue également de l'azote aux cultures des 2 années suivantes**

La luzerne est une plante qui accumule des réserves dans son pivot. Outre les nodosités présentes associées aux racines, riches en azote, dont l'azote sera rapidement disponible après son retournement, l'azote contenu dans les pivots et les parties aériennes non récoltées (collets) sera libéré plus lentement. Il est donc nécessaire de tenir compte de l'azote que cette plante restitue aux cultures les deux années qui suivent sa destruction, puisqu'en l'absence de lessivage, c'est de l'azote qui sera minéralisé en nitrate, et donc disponible pour les cultures suivantes (Justes et al., 2001). De cette façon, la luzerne restitue au cours des deux années qui suivent sa destruction environ 100 kg N/ha (Justes et al.,

2001), que l'agriculteur n'aura pas à apporter sous forme d'engrais minéral. Cette fraction correspond à 3,8 kg N/t de luzerne déshydratée.

**Le bilan général de l'élément azote est donc positif (tableau 4).**

Compte tenu des efforts déployés ces dernières années pour inciter le monde agricole à raisonner ses intrants azotés, de manière à limiter les risques de fuites de nitrates hors de portée des racines et réduire les teneurs en nitrates des nappes phréatiques, la culture de la luzerne apparaît s'inscrire parfaitement dans cet objectif.

Cet azote est soustrait à l'environnement pour être transféré à l'alimentation animale par le biais de la filière de la déshydratation, en lieu et place de tourteaux d'importations d'origines plus ou moins identifiées (présence ou non d'OGM par exemple).

Extrapolé aux quantités de luzerne déshydratées produites/ha et à la superficie cultivée en luzerne dans ce bassin de production national, cette culture absorbe et/ou fixe chaque année environ 33000 t d'azote.

**Ce qu'il faut retenir**

La culture de la luzerne apparaît comme une culture à promouvoir dans le cadre d'une réduction des impacts

**... comme le bilan azoté**

**Bilan azoté de la production de luzerne déshydratée (kg N/t de luzerne déshydratée) (tableau 4)**

	Charbon	Gaz
<b>PASSIF</b>		
Apport d'azote par l'agriculteur	0	0
<b>ACTIF</b>		
Absorption et fixation d'azote en cours de culture	+ 31.0	+ 31.0
Restitution après destruction	+ 3.8	+ 3.8
<b>BILAN (kg N/t de luzerne déshydratée)</b>	<b>+ 34.8</b>	<b>+ 34.8</b>

environnementaux de l'homme. Riche en protéines nécessaires à l'alimentation animale, la luzerne permet également de se rendre moins dépendant des protéines originaires du continent américain (tourteaux de soja).

Les instances réglementaires étudient bien souvent la mise en place de textes visant à mettre en place de nouvelles taxes afin de combattre des pollutions ; mais qu'en est-il dans le cas d'une culture qui a une valeur "dépolluante" vis à vis du carbone et de l'azote ?

La luzerne est une des rares cultures en région céréalière à présenter plus d'atouts que d'inconvénients dans les agrosystèmes où elle est cultivée, même si elle est grande consommatrice d'eau. Il n'y a aucune raison pour ne pas continuer à la cultiver sur de grandes surfaces, notamment à des fins de déshydratation.

<sup>1</sup> Extrait en partie de "La Filière Luzerne en France", Thiébeau et Vanlout, 2000.

<sup>2</sup> La culture de la luzerne en Champagne-Ardenne c'est : une surface de 73200 ha, 60 % des usines présentes en France, et 80 % de la production nationale de luzerne déshydratée.

<sup>3</sup> Source : Le Grand Larousse Encyclopédique, Ed. Larousse, Paris, 1964.

<sup>4</sup> 1 kWh = 860,11229 kg calories ; (1 Wh = 3600 J ; 1 calorie = 4,1855 J).

<sup>5</sup> Source : CDER (Centre Départemental d'Economie Rurale) de Châlons et de Reims, communication personnelle.

<sup>6</sup> Source : Services techniques Elf et Esso, communications personnelles.

<sup>7</sup> Source : P. Guillaume (UCAD France Luzerne), communication personnelle.

<sup>8</sup> UFL : Unité Fourragère Lait. Référence : énergie contenue dans 1 kg d'orge = 1 UFL = 1855 kg calories

<sup>9</sup> (0,82 x 1855 x 1000) = 1 521 100 kcal.

<sup>10</sup> Source : P. Laurent (ADEME Champagne-Ardenne), communication personnelle.

<sup>11</sup> Source : P. Guillaume (UCAD France Luzerne), communication personnelle.

<sup>12</sup> Equation générale de la photosynthèse : n CO<sub>2</sub> + n H<sub>2</sub>O → n CH<sub>2</sub>O + n O<sub>2</sub>

<sup>13</sup> Source : B. Nicolardot (INRA Agronomie Reims, communication personnelle

<sup>14</sup> (0,194 / 6,25) x 1000 = 31 kg N/t de luzerne déshydratée



**Pour en savoir plus**

- Agreste, 2000. La déshydratation de luzerne en Champagne-Ardenne : une filière qui s'organise après des années difficiles. In *Données n° 4, La statistique agricole*. Ed. Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt. 4 p.
- Justes E., Thiébeau P., Cattin G., Larbre D., Nicolardot B., 2001. Libération d'azote après retournement d'une culture de luzerne : un effet sur deux campagnes. *Perspectives Agricoles* 264, 22-28.
- Larbre D., Usunier J., 1995. Valorisation des lisiers sur luzerne : un apport qui limite les fuites de nitrates. *Perspectives Agricoles*, 207, 53-54.
- Muller J.C., Ledain C., 1992. Epandage des eaux résiduaires des industries alimentaires et agricoles et valorisation agronomique en Champagne-Ardenne : évolution des idées et solutions techniques. *IAA Juillet/Août*, 531-536.
- Muller J.C., Denys D., Thiébeau P., 1993. Présence de légumineuses dans la succession de cultures : luzerne et pois cultivés purs ou en association, influence sur la dynamique de l'azote. In *Matières Organiques et Agricoles*. Ed. J DECROUX et JC IGNAZI. Congrès GEMAS-COMIFER Blois, 83-92.
- Spallacci P., Ceotto E., Papini R., Marchetti R., 1996. Lucerne as a "nitrate scavenger" for silty clay soil manured with pig slurry. *Book of abstracts 4<sup>th</sup> ESA Congress*, 492-493.
- Thiébeau P., Vanlout P., 2000. La filière luzerne en France. *Mémoire d'économie Agro-Alimentaire*. INRA Unité d'Agronomie Reims. 40 p.