



HAL
open science

Vers une autonomie protéique et azotée des exploitations et des territoires

. Présidence Du Centre Inra Poitou-Charentes, . Présidence de La Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes

► **To cite this version:**

. Présidence Du Centre Inra Poitou-Charentes, . Présidence de La Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes. Vers une autonomie protéique et azotée des exploitations et des territoires. 6. Rencontres régionales Poitou-Charentes de la recherche et du développement, Dec 2015, Saintes, France. 42 p., 2015. <hal-02792952>

HAL Id: hal-02792952

<https://hal.inrae.fr/hal-02792952v1>

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization



ACTES DU
COLLOQUE



Vers une autonomie protéique et azotée des exploitations et des territoires

6^e rencontres régionales Poitou-Charentes
de la recherche et du développement
Vendredi 11 décembre 2015 de 9h à 17h,
Lycée agricole Georges Desclaude, Saintes (17)



INRA
SCIENCE & IMPACT



**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
POITOU-CHARENTES

Vers une autonomie des exploitations et des territoires

Sommaire

Editorial Luc Servant, Jean-Marc Chabosseau	3
--	---

Programme	5
------------------	---

LES GRANDS ENJEUX D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN

Perturbations du cycle de l'azote aux échelles globales et locales Gilles Billen	7
--	---

GÉRER L'AZOTE ET ÉVALUER SON EFFICIENCE DANS LES SYSTÈMES DE CULTURES ET DE PRODUCTIONS

Auto'N : un réseau de fermes champenoises en route vers l'autonomie vis-à-vis des engrais azotés Claire Cros, Raymond Reau	11
---	----

Nouveaux indicateurs d'efficience d'utilisation de l'azote à l'échelle du système de production agricole et du territoire Olivier Godinot	17
--	----

LES FILIÈRES DE PRODUCTION DE PROTÉINES

Les filières de production de protéines État des lieux et perspectives en Poitou-Charentes François Poirson	23
--	----

L'AUTONOMIE PROTÉIQUE DANS LES ÉLEVAGES

L'alimentation protéique des volailles Hervé Juin	27
---	----

Renforcer l'autonomie alimentaire en élevages laitiers Luc Delaby	33
---	----

L'autonomie alimentaire d'une exploitation en bovin lait. GAEC des Nesdes Rouges (Vouneuil-sous-Biard, 86) Victoire Depoix	39
---	----

Editorial

Depuis 2009, le Centre INRA et la Chambre Régionale d'Agriculture Poitou-Charentes ont inscrit les rencontres de la Recherche et du Développement dans le paysage régional.

Les dernières éditions ont eu lieu en 2013 et 2014 aux lycées agricoles de l'Oisellerie à la Couronne (16) et de Venours à Rouillé (86) et ont eu pour thèmes des ressources indispensables à l'agriculture : le sol et l'eau.

Vous trouverez dans ce recueil les actes de la sixième rencontre tenue au lycée agricole Georges Desclaude de Saintes (17) et traitant d'autres éléments majeurs pour l'agriculture : l'azote et les protéines.

Le sujet est très vaste et pourrait donner lieu à plusieurs colloques pour en aborder tous les points. Aussi avons-nous choisi quelques angles singuliers pour traiter une sélection de questions en couplant le plus possible des approches scientifiques et des réalisations de terrain.

Nous avons délibérément placé notre propos autour la recherche de l'autonomie des exploitations et des territoires et de l'indépendance vis-à-vis de ces ressources souvent importées. Ce point de vue nécessite souvent de réinventer les façons de produire au-delà des contingences immédiates des marchés.

Après une présentation du contexte aux échelles locales et globales du cycle de l'azote, qui fait le lien entre les protéines et l'azote sous ses différentes formes, nous abordons successivement les thèmes de l'azote en production végétale et des protéines en élevage.

Le thème de l'azote, et plus particulièrement de l'azote minéral utilisé comme fertilisant, pose des questions relatives à l'autonomie énergétique, à la production de gaz à effet de serre (GES) responsables du réchauffement climatique et aux pertes d'azote dans les eaux et dans l'air. Dans ce cadre, nous nous interrogeons ici sur l'efficacité de l'azote et les moyens de l'estimer, ainsi que sur les pistes pour améliorer l'autonomie vis-à-vis de cet élément.

Nous abordons ensuite la question des protéines pour les productions animales en examinant l'exemple des ressources disponibles en Poitou-Charentes, puis en faisant le point pour les filières monogastriques et ruminants. En filigrane, nous cherchons à documenter la question de l'autonomie protéique à l'échelle des exploitations et des territoires et à illustrer les avancées dans les différentes filières permettant de se rapprocher de cet objectif.

Nous espérons que cette rencontre nourrira les débats et actions sur les territoires picto-charentais et au-delà. Nous appelons de nos vœux la poursuite de tels rendez-vous dans le nouvel espace régional Aquitaine, Limousin, Poitou-Charentes car ils nous apparaissent comme un outil particulièrement utile pour créer du lien entre recherche, développement et formation.

Luc SERVANT,
Président de la Chambre Régionale
d'Agriculture Poitou-Charentes

Jean Marc CHABOSSEAU,
Président du Centre INRA Poitou-Charentes

Lieu

Lycée Georges Desclaude
17100 Saintes



Public

Agriculteurs, enseignants et étudiants en agriculture, techniciens et conseillers agricoles productions végétales et animales, conseillers environnement, collectivités locales et territoriales, administrations et associations.

Inscription

Tarif par participant : 20 € TTC. Inscription en ligne :
<http://sondages.poitou-charentes.chambagri.fr/limesurvey/index.php/survey/index/sid/216686/lang/fr>

Comité
d'organisation

Jean-Marc CHABOSSEAU, Armelle PÉRENNÈS (Inra Poitou-Charentes),
Lysiane BACHELIER, Jean-Luc FORT (Chambre régionale d'agriculture Poitou-Charentes).

Contact

Françoise Auzanneau, Chambre régionale d'agriculture Poitou-Charentes
Courriel : francoise.auzanneau@poitou-charentes.chambagri.fr
Tél. : 05 49 44 74 86

Chambre régionale d'agriculture Poitou-Charentes
CS 45002 - 86550 Mignaloux-Beauvoir
Tél. : 05 49 44 74 74
www.poitou-charentes.chambagri.fr



Mise en page : Kairine Chevet, Inra. Photo : Inra

PROGRAMME



Vers une autonomie protéique et azotée des exploitations et des territoires

6^e rencontres régionales Poitou-Charentes
de la recherche et du développement
Vendredi 11 décembre 2015 de 9h à 17h,
Lycée agricole Georges Desclaude, Saintes (17)



9h

Accueil des participants

9h30 - 10h

Introduction générale

Thierry ADAM, directeur du LEGTA de Saintes**Luc SERVANT**, président de la Chambre régionale d'agriculture Poitou-Charentes**Jean-Marc CHABOSSEAU**, président du centre Inra Poitou-Charentes

10h - 11h15

Les grands enjeux d'aujourd'hui et de demain

Animateur : Luc Servant

■ **Équilibre et déséquilibre du cycle de l'azote aux échelles locales et globales****Gilles BILLEN**, CNRS Paris

Échange

11h15 - 12h30

Gérer l'azote et évaluer son efficacité dans les systèmes de cultures et de productions

■ **Un réseau de fermes champenoises en route vers l'autonomie vis à vis des engrais azotés, dans le projet Auto'N.**

Illustration avec 5 fermes en terres de craie en Champagne-Ardenne et Picardie

Raymond REAU, Inra Grignon**Claire CROS**, Chambre d'agriculture Champagne-Ardenne■ **Nouveaux indicateurs d'efficacité d'utilisation de l'azote à l'échelle du système de production agricole et du territoire****Olivier GODINOT**, Agrocampus Ouest

Débat

12h45

Repas

14h - 14h40

Les filières de production de protéines

Animateur : Jean-Marc Chabosseau

■ **État des lieux et perspectives en Poitou-Charentes****François POIRSON**, Coop de France Limousin-Poitou-Charentes

Débat

14h40 - 16h

L'autonomie protéique dans les élevages

Animateur : François Gastal

■ **L'alimentation protéique des volailles et monogastriques****Hervé JUIN**, Inra Magneraud■ **L'autonomie protéique dans les élevages de ruminants****Renforcer l'autonomie protéique en élevage laitier : Luc DELABY**, Inra Rennes**Victoire DEPOIX**, Chambre d'agriculture de la Vienne

Témoignage du GAEC des NESDES ROUGES, Vienne

Débat

16h

Synthèse du colloque et perspectives d'actions

Christian HUYGHE, directeur scientifique adjoint Agriculture de l'Inra

16h30

Clôture du colloque

Luc SERVANT, président de la Chambre régionale d'agriculture Poitou-Charentes

Perturbations du cycle de l'azote aux échelles globales et locales

Gilles Billen

CNRS/Université Pierre et Marie Curie, UMR Metis, 4 place Jussieu, 75005 Paris

gilles.billen@upmc.fr

RÉSUMÉ

Le cycle de l'azote est celui dont la perturbation par l'action humaine à l'échelle globale a été la plus importante depuis un siècle. L'agriculture traditionnelle, basée sur un couplage étroit entre culture et élevage, a fait place à une agriculture industrielle territorialement très spécialisée et génératrice de pertes environnementales d'azote très importantes. Pour limiter ces pertes, les mesures de raisonnement de la fertilisation, qui ont montré leur efficacité au cours des 30 dernières années, ont aujourd'hui atteint leur limite. Seul un changement radical de système de production et d'organisation de l'ensemble de la chaîne agro-alimentaire, reconnectant l'agriculture et l'élevage et visant l'autonomie azotée à l'échelle des territoires, pourra permettre de concilier production alimentaire et préservation des ressources hydriques.

Mots-clés : cycle de l'azote ; relation rendement-fertilisation ; reconnection

1 LE CYCLE PRISTINE DE L'AZOTE ET L'AGRICULTURE TRADITIONNELLE

Si l'azote était un élément abondant et facilement disponible à la naissance de la vie sur terre, l'apparition de la photosynthèse oxygénique qui s'est accompagnée, il y a 2.5 milliards d'années, d'un bouleversement profond des conditions rédox de la planète, a conduit à en faire l'élément limitant principal de la production primaire des écosystèmes aquatiques et terrestres. C'est dans ce contexte de rareté de l'azote réactif que se sont mis en place les principaux systèmes agricoles traditionnels, basés sur un ensemble de pratiques permettant d'exporter des protéines des systèmes de culture tout en assurant la restitution au sol d'une quantité d'azote équivalente, le plus souvent prélevée sur des écosystèmes semi-naturels disposant d'une forte capacité de fixation symbiotique d'azote atmosphérique. Dans les systèmes traditionnels européens, c'est l'élevage qui assurait ce rôle de transfert biogéochimique. La fixation symbiotique locale était la source quasi exclusive de fertilisation azotée.

2 SPÉCIALISATION ET OUVERTURE DE L'AGRICULTURE FRANÇAISE ET MONDIALE

La mise au point du procédé Haber-Bosch (1913), et la généralisation de l'usage des engrais de synthèse, a conduit à un bouleversement profond de cet équilibre. Des niveaux beaucoup plus élevés de fertilisation azotée deviennent possibles, ainsi qu'une spécialisation territoriale qui rompt complètement la traditionnelle complémentarité entre agriculture et élevage. L'exemple du bassin parisien, totalement voué à la céréaliculture d'exportation, et celui du Grand Ouest, qui concentre 30% du cheptel français et importe un tiers des protéines de son alimentation sous forme de soja latino-américain (Le Noé *et al.*, 2015) est illustratif des

grands mouvements commerciaux internationaux de denrées agricoles qui, à l'échelle de la planète, intéressent un tiers de la production arable totale (Lassaletta *et al.*, 2014a). Cette organisation à cycle ouvert de l'agriculture industrielle s'accompagne de pertes considérables d'azote réactif, alimentant une cascade de transferts et de transformations qui contaminent tous les compartiments de l'environnement.

3 L'AUTONOMIE AZOTÉE COMME LEVIER POUR RÉDUIRE LES PERTES ENVIRONNEMENTALES D'AZOTE

Le lessivage nitrique des terres arables constitue la source principale des pertes d'azote vers les hydrosystèmes. Partant de l'analyse du mécanisme de ces pertes, nous montrons ici les limites des actions de réduction de ces pertes portant uniquement sur les pratiques culturales, sans remise en cause du mode d'organisation territorialement très spécialisé qui caractérise l'agriculture française. La recherche de l'autonomie azotée des exploitations et la reconnection territoriale de l'agriculture et de l'élevage apparaissent au contraire comme des leviers plus efficaces pour limiter les pertes environnementales d'azote.

3.1 Bilan d'azote du sol et relation rendement-fertilisation

Le bilan d'azote des sols (SSB), qu'il s'applique à une parcelle donnée, à l'ensemble des sols d'une exploitation, ou d'un territoire, tient compte d'une part du total des apports azotés au sol par les engrais de synthèse, les apports organiques, la fixation symbiotique et les dépôts atmosphériques, et d'autre part des sorties d'azote par la récolte et le broutage. Intégré sur au moins sur un cycle complet de rotation culturale, le solde de ce bilan définit un surplus non valorisé par la production et susceptible de pertes environnementales. Le rapport entre la fertilisation totale et le rendement, tous deux exprimés en kgN/ha/an, permet d'évaluer de manière intégrative l'efficacité d'utilisation de l'azote à l'échelle de la rotation culturale.

L'évolution depuis 50 ans du bilan d'azote de l'agriculture de tous les pays du monde a été calculée à partir des données de la FAO (Lassaletta *et al.*, 2014b). Trois types de trajectoires ont pu être distingués. Dans le **premier type**, la production agricole s'accroît régulièrement en réponse à une augmentation des apports totaux d'azote au sol, dessinant une trajectoire qui reproduit une relation rendement-fertilisation aux paramètres immuables tout au long de la période. Ce type de trajectoire s'accompagne d'une diminution de l'efficacité d'utilisation de l'azote et d'un accroissement des pertes environnementales. Dans le **second type**, on assiste, généralement vers le début des années 1980, à une transition de la trajectoire vers une nouvelle relation rendement-fertilisation, permettant de stabiliser les pertes environnementales, malgré la poursuite de l'augmentation des apports d'azote au sol. Dans le **troisième type** (qui concerne la plupart des pays européens), la transition vers une relation rendement-fertilisation plus efficace s'accompagne d'une diminution significative des apports d'azote, sans perte de productivité, mais avec une diminution des pertes environnementales.

Ce type de trajectoire se retrouve dans les données reconstruites pour le bassin de la Seine depuis la fin du XIX^e siècle, qui montrent une augmentation rapide du surplus entre 1950 et 1980, suivie d'une diminution sensible au cours des 30 dernières années, bien que les niveaux atteints soient encore trop élevés pour satisfaire aux exigences de la production d'une eau sous-racinaire de qualité acceptable (figure 1).

3.2 Les limites de l'agriculture raisonnée

La réduction notable des surplus azotés des terres arables constatée tant à l'échelle de l'Europe que pour le bassin de la Seine est le résultat des politiques de raisonnement et de réglementation des pratiques agricoles menées depuis la fin des années 1980. Le principal levier consiste dans le raisonnement de la fertilisation azotée pour atteindre ce qui est généralement désigné comme l'équilibre de la fertilisation, c'est-à-dire le calcul de la dose nécessaire et suffisante pour atteindre un objectif de rendement donné, compte tenu des besoins de la croissance des plantes et des fournitures endogènes d'azote minéral par le sol. Le Comifer (www.comifer.asso.fr/) prodigue ainsi des recommandations très détaillées, qui sont devenues réglementaires dans les zones sensibles depuis 2012.

Pour les rotations culturales principales pratiquées dans le bassin de la Seine, Anglade *et al.* (2015) ont calculé les fertilisations exogènes recommandées correspondant aux rendements effectivement réalisés. Les résultats (figure 1) montrent que les pratiques effectives décrites par les statistiques agricoles correspondent étroitement aux recommandations de fertilisation équilibrée, montrant que l'agriculture raisonnée est à cet égard appliquée de manière générale dans ces territoires.

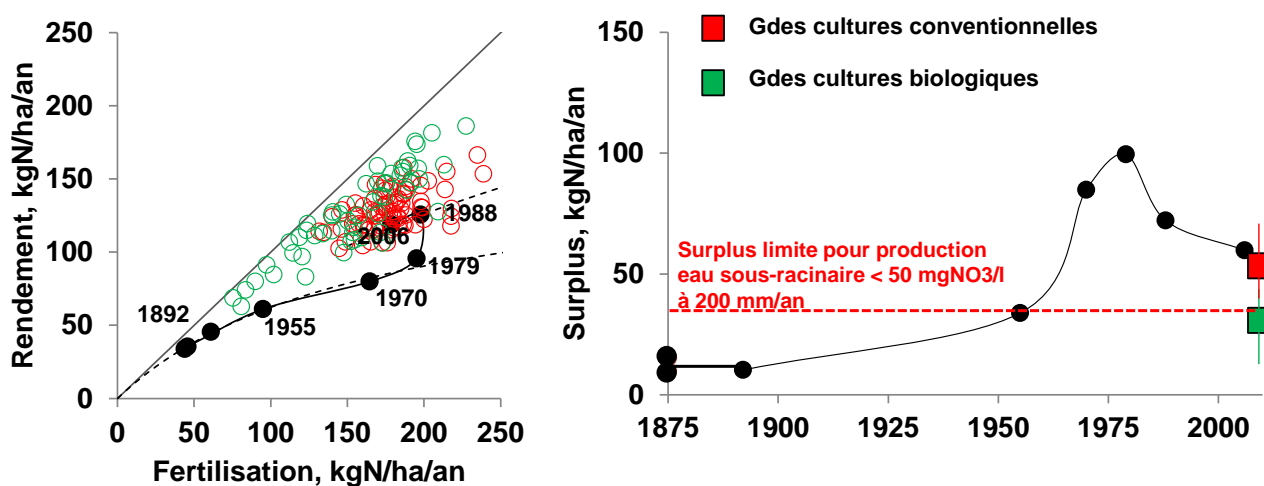


Figure 1. a. Trajectoire séculaire dans le diagramme rendement/fertilisation de l'agriculture du bassin parisien, position des principales rotations culturales biologiques (en vert) et conventionnelles pratiquées en conformité avec les principes de la fertilisation équilibrée (en rouge) (Anglade et al., 2015). b. Surplus moyen correspondant.

Le seul levier encore disponible, récemment rendu réglementaire en zone sensible mais encore imparfaitement appliqué, consiste dans la généralisation de l'implantation de Cultures intermédiaires pièges à nitrates (Cipan) pour éviter l'absence de couverture du sol en période de drainage hivernal avant les cultures de printemps. L'efficacité de cette mesure en termes de lixiviation évitée par rapport à la situation actuelle, dépend toutefois de la fréquence de ces cultures de printemps, qui dépasse rarement 30% de l'assolement.

3.3 Les promesses et les limites de l'agriculture biologique

Anglade *et al.* (2015) ont évalué les performances des rotations en grande culture biologique sans élevage telles que pratiquées dans le bassin parisien. Il s'agit pour l'essentiel de rotations longues (8 ans ou plus) et diversifiées intégrant en tête de rotation deux ou trois ans de légumineuses fourragères (luzerne ou trèfle) et souvent une autre légumineuse à graine au

milieu du cycle cultural. Avec une fertilisation azotée souvent inférieure à celle des grandes exploitations conventionnelles, mais assurée pour plus de 75% par la fixation symbiotique d'azote atmosphérique, ces rotations montrent dans la plupart des cas un bilan de production de protéines similaire, et un surplus sensiblement inférieur (figure 1). Elles donnent donc lieu à une lixiviation plus faible d'au moins 30% par rapport aux rotations conventionnelles, comme l'ont démontré les mesures effectuées à l'aide de bougies poreuses sur un réseau de fermes instrumentées (Benoit *et al.*, 2014).

La généralisation des pratiques d'agriculture biologique en grande culture se heurte cependant à l'écueil d'une production dans laquelle les légumineuses fourragères occupent une place prépondérante, ce qui nécessite un débouché local en élevage pour sa valorisation.

3.4 Un scénario radical de la chaîne agro-alimentaire

On voit donc qu'une modification profonde de la structure même du système agro-alimentaire est nécessaire pour permettre d'améliorer significativement l'efficacité d'utilisation de l'azote et limiter ses pertes environnementales. Il s'agit d'intervenir simultanément à l'échelle territoriale sur trois leviers qui font système : généralisation des pratiques de l'agro-écologie, reconnexion de l'agriculture et de l'élevage, redéfinition du régime alimentaire humain. Un tel scénario, nommé Bio-Local-Demitarrien (Billen *et al.*, 2012) a été construit à l'échelle de la France divisée en 33 territoires agricoles homogènes.

Ce scénario sans doute extrême par les hypothèses très radicales qui le sous-tendent, n'apparaît pourtant pas comme totalement irréaliste. A l'échelle de la France il montre un système agro-alimentaire qui subvient aux besoins de la population, sans compromettre les capacités exportatrices du pays et capable de concilier les exigences de la production alimentaire avec celles de la production d'une eau de qualité.

BIBLIOGRAPHIE

Anglade J., Billen G., Makridis T., Garnier J., Puech T. et Tittel C. (2015). Nitrogen soil surface balance of organic vs conventional cash crop farming in the Seine watershed. *Agricultural Systems* 139:82-92.

Billen G., Garnier J., Silvestre M., Thieu V., Barles S., Chatzimpiros P. (2012). Localising the nitrogen imprint of Paris food supply: the potential of organic farming and changes in human diet. *Biogeosciences* 9, 607–616.

Benoit M., Garnier J., Anglade J., Billen G. (2014). Nitrate leaching from organic and conventional arable crop farms in the Seine Basin (France). *Nutrient Cycling in Agrosystems*. DOI 10.1007/s10705-014-9650-9

Lassaletta L., Billen G., Grizzetti B., Garnier J., Leach A.M., Galloway J.N. (2014a). Food and feed trade as a driver in the global nitrogen cycle: 50-year trends. *Biogeochemistry*, 118:225–241

Lassaletta L., Billen G., Grizzetti B., Anglade J. et Garnier J. (2014b) 50 Year Trends in Nitrogen Use Efficiency of World Cropping Systems: The Relationship between Yield and Nitrogen Input to Cropland. *Environmental Research Letters* 9 : 105011.

Le Noé J., Billen G., Lassaletta L., Silvestre M., Garnier J. (2015). La place du transport de denrées agricoles dans le cycle biogéochimique de l'azote en France : un aspect de la spécialisation des territoires. *Cahiers Agricultures* (sous presse)

Auto'N : un réseau de fermes champenoises en route vers l'autonomie vis à vis des engrais azotés

Claire Cros¹, Raymond Reau²

¹ Chambre régionale d'agriculture de Champagne-Ardenne
c.cros@champagric.fr

² Inra Grignon, département Environnement et agronomie,
raymond.reau@grignon.inra.fr

RÉSUMÉ

Lancé en 2013, le projet Auto'N vise à contribuer à une certaine autonomie azotée des systèmes de culture en Champagne Crayeuse. Un réseau de 8 agriculteurs se réunit lors d'« ateliers de conception » pour construire des systèmes de culture autonomes en azote, spécifiques au projet de chaque agriculteur. Avec l'appui d'un conseiller, ils sont ensuite mis en œuvre directement dans l'exploitation agricole pendant plusieurs années successives dans l'objectif d'atteindre l'autonomie azotée qu'en attend l'agriculteur. Si l'objectif final de ne plus beaucoup dépendre de l'azote – de synthèse ou organique exogène au système de production – est bien partagé, chaque agriculteur le décline de façon très spécifique. Ce sont ainsi 8 systèmes de culture originaux et différents qui sont explorés et maintenant expérimentés à partir de 2015 dans ces exploitations agricoles.

Mots-clés : Innovation ; conception ; autonomie azotée ; système de culture

1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET AUTO'N

1.1 Genèse du projet

Sur les terres de craie de Champagne-Ardenne et Picardie, ancienne « Champagne Pouilleuse », se trouvent aujourd'hui des systèmes de grandes cultures rendus très compétitifs au prix d'une dépendance élevée aux intrants issus de la chimie de synthèse, et notamment de l'azote. La fertilisation azotée de synthèse moyenne est de 159 kg N/ha/an (Agrete, 2011), soit une consommation totale de 210 kt d'azote total livrées en 2013/2014 en Champagne-Ardenne, ce qui en fait la 2^e région française la plus consommatrice (UNIFA, 2014). Avec la hausse attendue des coûts de l'énergie nécessaire à la synthèse des engrais azotés, et face au durcissement probable des contraintes environnementales en Europe, cette agriculture restera-t-elle durablement performante ?

Les professionnels agricoles des Chambres d'agriculture et des coopératives régionales souhaitent explorer des pistes d'évolution des pratiques permettant de diminuer significativement la dépendance régionale à l'azote minéral, tout en maintenant les niveaux de production et de qualité des filières régionales. C'est pour répondre à ces problématiques qu'a été construit en 2013, le projet Auto'N, qui est aujourd'hui piloté conjointement par la Chambre d'agriculture de Champagne-Ardenne et Agro-transfert Ressources et territoires. Il

mobilise les principaux organismes agricoles techniques et scientifiques régionaux pour soutenir l'innovation dans ce domaine, via des tests dans un réseau de 8 agriculteurs « pionniers ».

1.2 Objectifs du projet

Concrètement, les résultats attendus du projet sont de :

- mettre au point des systèmes de culture autonomes en azote et réussis du point de vue des agriculteurs qui les pratiquent, et décrire ces pratiques afin d'inspirer d'autres professionnels agricoles ;
- contribuer à mettre au point des méthodes de conception de systèmes autonomes en azote, d'accompagnement de projets d'agriculteurs et de conseil stratégique en autonomie azotée ;
- produire des connaissances sur la dynamique de l'Azote et du Carbone en terres de craie et des références techniques pour la fertilisation azotée des cultures.

2. LA CONCEPTION DE SYSTÈMES DE CULTURE INNOVANTS

La démarche de conception est issue de la méthode COPERNIC, élaborée dans le cadre du RMT Systèmes de Culture Innovants (Reau *et al*, 2012) et inspirée du travail de Berthet, 2013. Elle a été adaptée au projet Auto'N et se décline ici en 2 étapes :

- la conception *de novo* : avec un diagnostic initial et une première séance en atelier de co-conception ;
- la mise au point au fil de l'eau (conception pas-à-pas) du système de culture dans le cadre de l'accompagnement stratégique de l'agriculteur, par son conseiller et l'animateur du projet (ci après cités comme « accompagnants »), sur la gestion du cycle de l'azote dans les champs cultivés et plus globalement dans l'exploitation.

2.1 La conception initiale, ou conception *de novo*

L'entretien de préparation

Lors d'un entretien individuel avec l'agriculteur, les accompagnants identifient les services qu'il attend en priorité de son système de culture, les frustrations en matière de résultats obtenus, et ses ambitions pour demain. De cet échange se dégage une **cible** de résultat concret à attendre, quantifiée et portant sur le long terme, servant d'amorce à l'activité de co-conception.

Atelier de conception

Lors de l'atelier de conception, l'agriculteur central soumet sa problématique à un groupe constitué des agriculteurs du réseau, qui jouent alors un rôle de « consultants », et d'experts sur des parties clés du cycle de l'azote pour la réflexion de l'agriculteur. Ce dernier expose son exploitation, le bilan qu'il fait des résultats obtenus et des services rendus par un de ces systèmes de culture, et la cible qu'il propose à présent pour amorcer l'activité de conception. A partir de cet exposé, le groupe d'agriculteurs vérifie qu'il a bien compris la situation et la cible, puis analyse la cible, ainsi que les enjeux de la gestion de l'azote dans cette situation précise et concrète. Les agriculteurs « consultants » proposent ensuite des pistes élémentaires,

qui dans un premier temps s'aliènent des contraintes économiques, réglementaires ou commerciales pour laisser libre cours à la créativité du groupe. À partir d'une partie de ces pistes, le groupe assemble un ensemble de pratiques afin de proposer un premier système de culture cohérent, permettant *a priori* à l'agriculteur central d'atteindre sa cible à terme. L'agriculteur central, qui a laissé le groupe travailler sans intervenir en principe pendant la construction, a le dernier mot de la phase d'atelier, en expliquant ce qu'il a envie de retenir pour la suite de sa réflexion, ainsi que les pistes qu'il envisage de mettre en œuvre dans une partie de son exploitation demain.

2.2 Le suivi du système, pour une conception pas à pas

Les accompagnants se positionnent comme soutien technique et méthodologique, pour guider l'agriculteur vers la réussite de son système de culture, c'est-à-dire vers l'atteinte de sa cible. La réussite est déterminée par les résultats obtenus sur les services du système de culture (fournitures du sol, niveau de pertes, alimentation des cultures) et non pas par le degré de changement de pratiques que l'agriculteur a consenti.

La toute première question à laquelle doivent répondre les accompagnants est « Comment l'agriculteur juge-t-il de la réussite de son système ? ». La réponse à cette question prend la forme d'un ou plusieurs schéma(s) décisionnel(s), construit(s) par les accompagnants pour représenter le service recherché (fonction) et les pratiques mises en œuvre pour l'obtenir (solutions) (Reau *et al.*, 2015). Ce schéma doit illustrer clairement la stratégie de l'agriculteur, qui lui est propre, et les moyens, indicateurs de routine qu'il utilise pour juger de sa réussite.

La suite de l'accompagnement est basée sur ce schéma qui reflète les motivations de l'agriculteur en termes de réussite pour son système de culture et des pratiques originales pour les atteindre. Le conseil stratégique doit ensuite permettre à l'agriculteur de comprendre dans quelle mesure les pratiques qu'il a mises en œuvre ont contribué à la réussite ou à l'échec de son système, et quelles perspectives s'ouvrent à lui pour atteindre le résultat qu'il vise, en adoptant une démarche de conception pas à pas. A la fin, les méthodes adoptées par les agriculteurs et étudiées dans Auto'N seront multiples, très diverses, parfois antagonistes, mais toutes visent le même but final : être autonome en azote.

3. LES AGRICULTEURS DU RÉSEAU ET LEUR SYSTÈME

3.1 Le réseau d'agriculteurs

Les profils des agriculteurs du groupe de conception sont représentatifs des différents types d'exploitations en terres de craie. La diversité des profils d'exploitation apporte une grande richesse aux échanges du groupe : chacun a des compétences et connaissances spécifiques à son domaine d'activité. Chacun a également une « philosophie » de conduite culturale différente. Ils n'ont pas les mêmes attentes vis-à-vis de leur système de culture, et n'envisagent pas d'employer les mêmes techniques pour atteindre un objectif dont la définition est fixe : réduire les apports d'azote exogène au système de production (minéral ou organique).

Tableau 1 :*Description des situations des 5 agriculteurs du réseau Auto'N passés en atelier de conception*

Exploitation	Azote issu du système de production	Services attendus du SdC	Cible à long terme	Apports moyens annuels d'azote dans le système conçu
Betteraves et grandes cultures sur 250 ha, dont 50 ha en agriculture biologique, pour 3 UTH	Luzerne biologique (15% SAU), pois de printemps (5% SAU), CI de légumineuses (40% SAU)	1-Alimenter les cultures en azote (fixation symbiotique et minéralisation d'N org) 2-Stocker du C org dans les sols	Un système de production complètement autonome pour l'alimentation azotée des cultures	90 kg /ha d'azote de synthèse 40 kg N/ha de fumier (échange paille) 10 kgN/ha de compost acheté
Exploitation type betterave-grandes cultures de 200 ha sur 2 sites, pour 1 UTH.	CI de légumineuses (40% SAU), pois d'hiver (10%SAU). Récupération des vinasses de betteraves	1- Perdre peu d'azote (volatilisation et lessivage) 2- Alimenter les cultures en azote (fixation symbiotique et minéralisation d'N org)	Avoir une très forte marge brute avec des pertes inférieures à 50 kgN/ha/an par lessivage et à 20 kgN/ha/an par volatilisation	75 kg/ha d'azote de synthèse 38 kgN/ha de vinasses
Polyculture, dont betteraves, sur 180 ha, avec un élevage de 450 truies et une unité de méthanisation de 250 kWh, conduits avec 5 associés.	Légumineuses porte-graines (20% SAU), CI de légumineuses (40% SAU) 70 000 kgN/an de digestat (pour 500 ha)	1- Entretenir le stock de C org 2- Alimenter les cultures en azote (fixation symbiotique)	Assurer l'alimentation azotée des cultures avec l'azote du système de production	172 kgN/ha de digestat liquide (pas d'azote de synthèse)
Cultures industrielles (betterave, pomme de terre, luzerne) et céréales sur 275 ha pour 2 UTH	Luzerne (13% SAU), CI de légumineuses (20%SAU) Récupération des vinasses de betteraves et des boues de méthanisation Mc Cain	1- Alimenter les cultures en azote (minéralisation d'N org et fixation symbiotique) 2- Stocker du C et de l'N org dans les sols	Avoir un système de culture qui permette au sol de fournir 150 uN/ha	105 kg/ha d'azote de synthèse 42 kgN/ha de vinasses et boues
GAEC de 5 associés, Betteraves et grandes cultures sur 550 ha + Atelier d'engraissement de taurillons de 890 places.	Luzerne (10%SAU) 4000 tonnes de fumier composté (pour 300 ha)	1- Alimenter les cultures en azote 2- Perdre peu d'azote (lessivage et volatilisation)	Assurer l'alimentation des cultures avec moins de 50 kgN/ha/an de pertes par lessivage	??

3.2 Exemple de système conçu

Ici, nous présenterons l'éleveur-méthaniseur du groupe. Sa cible : **assurer l'alimentation azotée des cultures avec l'azote du système de production.**

Dans la gestion de son exploitation en général, l'agriculteur recherche son indépendance vis-à-vis des cours des intrants et des produits, pour s'assurer un revenu stable. Installé en 1991, il crée une porcherie avec 5 associés et passe l'exploitation en non labour. Il commence ensuite une politique de réduction des intrants chimiques et met en place une unité de méthanisation avec ses associés, pour valoriser « proprement » les effluents de l'élevage. L'unité de 250 kWh produit aujourd'hui 15 000t de digestat (env. 60 000 uN/an), épandues sur 900 ha

(associés + extérieurs). Il compte utiliser cet azote auto-produit pour assurer l'alimentation des cultures de son système, cette année sur une parcelle de 11 ha et à terme sur l'ensemble des parcelles sur terres de craie (180 ha).

Il a construit son système de culture pour assurer l'alimentation azotée des cultures avec l'apport de digestat ou la fixation symbiotique. La grande diversité de cultures (betteraves, 3 céréales à paille, maïs et 3 légumineuses porte-graine) permet d'élargir les surfaces et les périodes d'épandage d'effluents par la succession betterave-céréale-légumineuse-céréale d'hiver-céréale de printemps. Pour diminuer les besoins en azote de son système, il a supprimé le colza et remplacé le blé meunier par du fourrager. Toutes ses cultures non légumineuses sont donc fertilisées avec son digestat liquide, soit enfoui avant le semis des cultures de printemps, soit apporté en végétation pour les céréales (enfoui à la herse étrille). Pour compléter les fournitures, il compte sur la fixation symbiotique en implantant tous les 5 ans une légumineuse comme culture principale et des mélanges de 4-5 espèces avec légumineuses à chaque interculture, détruits en décembre. Avec son système, il consommerait environ 172 uN/ha/an sous forme de digestat liquide et produirait également la biomasse nécessaire à la méthanisation (export des pailles de maïs et récolte d'une culture intermédiaire tous les 10 ans).

4. BILAN DES ATELIERS

Les agriculteurs sont satisfaits des ateliers, et motivés pour continuer à y participer. Cette réussite tient pour beaucoup au fait que ceux qui y participent sont plus qu'intéressés par le sujet : ils sont prêts à investir du temps et un bout de parcelle pour répondre à la problématique. À l'origine de cet engouement, deux explications peuvent se dégager :

- les agriculteurs qui constituent le réseau ont un profil « pionniers » : avant le projet, ils avaient déjà établi une stratégie de conduite culturale centrée sur les résultats qu'ils attendent du système de culture et étaient les premiers à tester de nouvelles pratiques pour atteindre ces objectifs. Le seul fait de les réunir a décuplé cette facette de leur profil, et entretient leur motivation à innover, chacun dans son sens.
- la démarche du projet leur laisse l'amplitude dont ils ont besoin pour laisser libre cours à leur créativité, et les encourage à persévérer dans ce sens grâce à une méthodologie qui se base sur leur propre jugement, ce qui corrobore les propos de Goulet *et al.*, 2008.

Une telle démarche ouvre donc de nouvelles perspectives pour le conseil agricole, qui ne se limite plus à proposer une solution à chaque problème technique, mais un ensemble construit pour atteindre un résultat global. Le conseil devient accompagnement lorsque le diagnostic est effectué par l'agriculteur lui-même et que l'objectif visé est défini par ses motivations. Le conseiller lui donne alors les moyens techniques et cognitifs de construire son système pour atteindre le résultat qu'il vise. L'innovation naît alors, lorsque les agriculteurs se concentrent sur ce qui les motive, plutôt que sur les contraintes de leur système.

BIBLIOGRAPHIE

Agreste (2011). Enquêtes pratiques culturelles, Données en ligne - Disar (Diffusion Interactive des Statistiques Agricoles de Référence) [<https://stats.agriculture.gouv.fr/disar/>] consulté le 22/10/2015.

Berthet E. (2013). Contribution à une théorie de la conception des agro-écosystèmes : Fonds écologique et inconnu commun. Thèse de Doctorat en sciences de gestion. Paris : Économie, Organisations & Société, 248p

Goulet F., Pervanchon F., Conteau C. et Cerf M. (2008). Les agriculteurs innoveront par eux-mêmes pour leurs systèmes de culture. In Reau R et Dore T. (2008). Systèmes de culture innovants et durables. Educagri éditions, Transversales, pp 53-69.

Reau R., Monnot L.A., Schaub A., Munier-Jolain N., Pambou I., Bockstaller C., Cariolle M., Chabert A. et Dumans P. (2012). Les ateliers de conception de systèmes de culture pour construire, évaluer et identifier des prototypes prometteurs. *Innovations Agronomiques*, n°20, pp 5-33.

Reau R., Cellier V., Deytieux V., Petit M.-S., Schaub A., Cotinet P., Giteau J.-L. (2015). Describing decisional-model of agrosystem services for analyzing and scaling out innovative cropping systems. 5th International Symposium for Farming Systems Design, 7-10 septembre, Montpellier, France.

UNIFA (2013). La fertilisation en France. Le marché en chiffres. [<http://www.unifa.fr/le-marche-en-chiffres/la-fertilisation-en-france.html>] Consulté le 22/10/2015.

Nouveaux indicateurs d'efficacité d'utilisation de l'azote à l'échelle du système de production agricole et du territoire

Olivier Godinot

UMR Agrocampus Ouest Inra 1069 Sol Agro et Hydrosystème Spatialisation.
65 rue de Saint Briec, 35000 Rennes.

olivier.godinot@agrocampus-ouest.fr

RÉSUMÉ

L'azote est l'un des principaux facteurs limitant la production agricole. Cependant, son efficacité d'utilisation par les cultures et les animaux est faible. Les pertes azotées résultantes sont aujourd'hui devenues une menace environnementale majeure à l'échelle planétaire. L'amélioration de l'efficacité de l'azote en agriculture est une des pistes les plus prometteuses pour répondre aux besoins d'une population croissante tout en réduisant ses impacts environnementaux. L'identification des solutions les plus adaptées pour y parvenir nécessite l'utilisation d'indicateurs. Cependant, l'indicateur d'efficacité existant, dénommé Nitrogen Use Efficiency (NUE), présente différents biais et insuffisances limitant son utilité. De nouveaux indicateurs résolvant ces biais et insuffisances sont donc nécessaires pour pouvoir quantifier l'efficacité d'utilisation de l'azote des systèmes de production.

Dans ce cadre, un indicateur d'efficacité à l'échelle du système de production est proposé. Nommé System Nitrogen Efficiency (SyNE), il lève les principales limites de l'indicateur NUE. Cet indicateur est particulièrement pertinent lorsqu'il est couplé avec un nouvel indicateur de pression azotée, System Nitrogen Balance (SyNB). Il reste cependant difficile de comparer des fermes dont les proportions de productions animales et végétales diffèrent, car les productions végétales sont plus efficaces que les productions animales. Un troisième indicateur baptisé Relative Nitrogen Efficiency (RNE) tient compte de cette différence physiologique. En exprimant l'efficacité de chaque production relativement à son efficacité maximale atteignable, les variations de RNE ne dépendent plus de la nature des productions. Cet indicateur permet donc de comparer l'efficacité de tous systèmes de productions.

L'application de SyNE, SyNB et de RNE aux 27 États membres de l'Union européenne, démontre l'adaptation de ces indicateurs à l'échelle territoriale. L'analyse conjointe des trois indicateurs permet une meilleure compréhension de la gestion de l'azote à cette échelle large.

Mots-clés : indicateur ; efficacité ; azote ; approche systémique ; multi-échelles

1 LIMITES DES INDICATEURS AZOTÉS EXISTANTS

Le principal indicateur d'efficacité existant aux échelles de la ferme et du territoire est l'efficacité d'utilisation de l'azote (NUE), mais il présente des limites qui peuvent nuire à son utilisation pour l'évaluation et la comparaison de systèmes de production :

- Tout d'abord, certaines entrées d'azote ne sont pas toujours prises en compte dans les calculs. C'est notamment le cas pour les dépôts atmosphériques, la fixation par les micro-organismes du sol ou la fixation symbiotique par les légumineuses (Oenema *et al.*, 2003).
- De même, les effluents d'élevage exportés peuvent être considérés comme des produits agricoles (Schröder *et al.*, 2003) ou non (Aarts *et al.*, 2000), ce qui peut modifier de manière très significative l'efficacité azotée des fermes.
- La variation de la teneur en azote du sol, par son enrichissement ou son appauvrissement en matière organique, n'est pas prise en compte dans l'indicateur NUE (Watson et Atkinson, 1999). Cela améliore artificiellement l'efficacité des systèmes qui appauvrissent le sol et diminue l'efficacité de ceux qui l'enrichissent.
- Seuls les flux entrant ou sortant de la ferme sont comptabilisés dans l'indicateur NUE. Les pertes azotées liées à la fabrication et au transport des intrants achetés ne sont donc pas considérées, puisqu'elles ont lieu à l'extérieur de la ferme. En revanche, on comptabilise les pertes d'azote des fermes qui produisent les aliments de leur bétail. Cette asymétrie améliore l'efficacité des éleveurs qui achètent leur aliment par rapport à ceux qui le produisent.
- Lorsqu'une unité d'azote supplémentaire entre sur la ferme et qu'une unité supplémentaire en sort, cela améliore l'efficacité d'utilisation de l'azote, calculée comme le ratio des deux termes (Schröder *et al.*, 2003). Cependant, il n'est pas logique qu'une ferme qui achète des céréales pour l'alimentation du troupeau et qui vend les céréales produites sur la ferme ait une meilleure efficacité que la ferme qui n'achète pas de céréales mais autoconsomme sa production au lieu de la vendre.
- Enfin, les végétaux (producteurs primaires) sont par nature plus efficaces que les animaux qui dépendent d'elle (consommateurs primaires). Ces différences biologiques posent problème lorsqu'on souhaite comparer l'efficacité de fermes ayant des productions différentes. C'est ce qui amène certains auteurs à recommander de ne comparer que des fermes de même type (Schröder *et al.*, 2003). Cependant, au vu de la grande diversité de celles-ci, cette restriction apparaît comme une contrainte très forte de l'indicateur.

2 NOUVEAUX INDICATEURS D'EFFICIENCE DE L'AZOTE

2.1 Présentation de System Nitrogen Efficiency (SyNE) et de System Nitrogen Balance (SyNB)

L'indicateur System Nitrogen Efficiency (SyNE ; Godinot *et al.*, 2014) a pour objectif de lever les principales limites de l'indicateur NUE. Pour cela, ce nouvel indicateur :

- tient compte de tous les principaux flux d'azote entrants et sortants, même ceux dont l'estimation est incertaine ;
- prend en compte les pertes azotées liées à la fabrication et au transport des intrants grâce à l'élargissement du périmètre de calcul de l'indicateur, du berceau aux portes de la ferme, à l'aide de données d'analyse de cycle de vie ;
- corrige un biais arithmétique par le calcul des entrées et sorties nettes d'azote du système de production ;
- clarifie le statut des effluents d'élevage en les considérant systématiquement comme une entrée d'engrais organique, qu'ils entrent ou qu'ils sortent du système ;
- estime les variations d'azote du sol par le calcul du bilan humique à l'échelle de la ferme à l'aide du modèle AMG (Andriulo *et al.*, 1999).

L'indicateur SyNE est donc calculé de la manière suivante :

$$SyNE = \frac{\sum \text{sorties nettes}}{\sum \text{entrées nettes} + \sum \text{pertes indirectes nettes} - \Delta \text{ stock du sol}}$$

Un second indicateur exprimant la pression azotée du système de production, baptisé System Nitrogen Balance (SyNB), est également calculé selon les mêmes méthodes :

$$SyNB = \sum \text{entrées nettes} + \sum \text{pertes indirectes nettes} - \Delta \text{ stock du sol} - \sum \text{sorties nettes}$$

2.2 Présentation de Relative Nitrogen Efficiency (RNE)

L'indicateur Relative Nitrogen Efficiency (RNE) a pour objectif de permettre la comparaison entre des fermes n'ayant pas les mêmes productions. Pour ce faire, il exprime l'efficacité de chaque production animale ou végétale en fonction de son potentiel, tel que défini dans la littérature. Par exemple, on trouve une efficacité potentiellement atteignable de 0.90 pour les cultures, 0.49 pour le porc, 0.39 pour le lait ou 0.26 pour la viande bovine (Godinot *et al.*, 2015). RNE se calcule de la manière suivante :

$$\text{Efficacité atteignable} = \frac{\sum \text{sorties nettes}}{\sum \frac{\text{sorties nettes}}{\text{efficacité atteignable}}}$$

$$RNE = \frac{SyNE}{\text{Efficacité atteignable}}$$

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 À l'échelle de la ferme

Une comparaison de SyNE avec NUE sur 38 fermes de polyculture-élevage bretonnes met en évidence leurs différences. La moyenne de NUE est de 0.39, alors que la moyenne de SyNE est de 0.33. Toutes les fermes ont une efficacité inférieure lorsqu'elle est calculée avec l'indicateur SyNE, mais cette diminution est très variable entre les fermes. Les fermes qui achètent peu de concentrés et qui maintiennent la matière organique de leurs sols ont une efficacité assez similaire avec les deux indicateurs, alors que les fermes plus consommatrices d'intrants, achetant des cultures similaires à celles qu'elles produisent et destockant la matière organique du sol, voient leur efficacité baisser de manière importante avec le nouvel indicateur. L'utilisation conjointe de SyNE et de SyNB est nécessaire pour identifier les fermes efficaces mais responsables de pertes azotées importantes (fermes intensives), les fermes peu efficaces mais peu polluantes (fermes extensives), mais surtout les fermes arrivant à conjuguer une bonne efficacité et de faibles pertes. Ces dernières sont à étudier plus particulièrement pour identifier les pratiques prometteuses pour améliorer l'efficacité d'utilisation de l'azote tout en réduisant les pertes. La principale limite de ces nouveaux indicateurs est le besoin accru de données pour leur calcul, ainsi que l'incertitude accrue liée à l'estimation de la variation de matière organique du sol.

Sur un jeu de données de 557 fermes ayant des productions animales et végétales variées, le calcul de SyNE met en évidence un effet significatif du système de production sur l'efficacité. Le calcul de RNE pour le même jeu de données permet de gommer cet effet. Il

devient alors possible de comparer la gestion de l'azote pour des fermes ayant des productions différentes. Cela s'avère particulièrement utile pour comparer les pratiques de fermes de polyculture élevage. Par ailleurs, RNE donne une indication rapide de la marge de progrès de chaque exploitation selon la nature de ses productions. Cependant, l'estimation de certains flux d'azote (fixation, variation d'azote du sol) est incertaine. De plus, l'efficacité atteignable de chaque produit ne tient pas compte du contexte pédoclimatique.

3.2 À l'échelle du territoire

Le calcul des trois indicateurs azotés a été entrepris pour les 27 États membres de l'Union Européenne à partir de bases de données internationales (FAOstat et Eurostat). L'indicateur SyNE met en évidence l'importance de considérer les variations d'azote organique du sol, la production des intrants et les flux nets d'azote. La différence entre NUE (moyenne : 0.35) et SyNE (moyenne : 0.23) est en effet importante et très variable entre pays. Par exemple, l'Irlande et l'Estonie ont respectivement une NUE de 0.20 et de 0.38, mais une SyNE de 0.20 et 0.19. Cela s'explique principalement par une gestion très différente de l'azote du sol dans ces deux pays.

RNE permet de comparer des pays ayant des productions différentes. Par exemple, l'Irlande et la République Tchèque ont toutes deux une SyNE de 0.20, mais respectivement une RNE de 0.56 et 0.32. Cela s'explique par le fait que l'Irlande produit essentiellement des productions animales, alors que la République Tchèque est plus orientée vers les cultures. L'Irlande est donc plus proche de son potentiel que la République Tchèque, alors qu'elles ont une efficacité SyNE similaire.

À cette échelle, les limites préalablement mentionnées persistent. Cependant, la limite liée à la non-considération des différents contextes pédoclimatiques dans l'efficacité potentielle est encore renforcée, du fait de leur plus grande variabilité.

4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les indicateurs présentés sont des outils qui corrigent les biais des indicateurs existants, au coût d'un plus grand besoin de données et d'une plus grande incertitude. L'utilisation conjointe des trois indicateurs permet une meilleure compréhension de la gestion de l'azote dans les systèmes agricoles, et devrait faciliter l'identification de pistes de progrès.

BIBLIOGRAPHIE

Aarts H.F.M., Habekotté B., Van Keulen H. (2000). Nitrogen (N) management in the "De Marke" dairy farming system. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 56, 231–240.

Andriulo A., Mary B., Guerif J. (1999). Modelling soil carbon dynamics with various cropping sequences on the rolling pampas. *Agronomie* 19, 365–377.

Godinot O., Carof M., Vertès F., Leterme P. (2014). SyNE: An improved indicator to assess nitrogen efficiency of farming systems. *Agric. Syst.* 127, 41–52.

Godinot O., Leterme P., Vertès F., Faverdin P., Carof M. (2015). Relative nitrogen efficiency, a new indicator to assess crop livestock farming systems. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 857–868.

Oenema O., Kros H., de Vries W. (2003). Approaches and uncertainties in nutrient budgets: implications for nutrient management and environmental policies. *Eur. J. Agron.* 20, 3–16.

Schröder J.J., Aarts H.F.M., ten Berge H.F.M., van Keulen H., Neeteson J.J. (2003). An evaluation of whole-farm nitrogen balances and related indices for efficient nitrogen use. *Eur. J. Agron.* 20, 33–44.

Watson C., Atkinson D. (1999). Using nitrogen budgets to indicate nitrogen use efficiency and losses from whole farm systems: a comparison of three methodological approaches. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 53, 259–267.

Les filières de production de protéines État des lieux et perspectives en Poitou-Charentes

François Poirson

Coop de France Poitou-Charentes

f.poirson@frca-pc.fr

RÉSUMÉ

Après un descriptif des différentes filières de production de protéines existantes sur la région Poitou-Charentes (luzerne, lupin, trituration d'oléagineux) et des acteurs qui les portent, les projets en phase de développement (lin oléagineux, soja) sont décrits. En conclusion, une analyse rapide sur les conditions de développement de ces filières de production est proposée.

Mots-clés : filières ; protéines végétales ; équilibre économique ; agronomie.

1 LES FILIÈRES EXISTANTES

Plusieurs filières de production de protéines sont en place depuis des années sur la région. Nous nous contenterons ici de dresser un état des lieux de l'existant.

1.1 Durepaire : la luzerne déshydratée de la survie au redéveloppement

Depuis 1966, la luzerne fait partie des cultures privilégiées par Durepaire. La recherche de l'autonomie protéique et la déshydratation de la luzerne sont déjà d'actualité. Le choc pétrolier en 1973 est un coup de frein pour la filière et, jusqu'en 2005, la production reste présente mais à un faible niveau, maintenue par un triple intérêt (autonomie protéique, allongement de la rotation, diversification du revenu).

En 2005, l'actionnariat de Durepaire évolue avec la reprise par Alicoop, accompagnée de Charentes Alliance et Coréa. Cela redonne un coup de fouet à cette filière qui passe de 400 hectares à environ 1 400 hectares de luzerne, dans une optique de consolidation.

Plusieurs débouchés coexistent : Alicoop pour la déshydratation et le conditionnement en aliment pour bétail (notamment chèvres). L'aliment a pour avantage d'être local et non-OGM. Il apparaît dans la gamme d'aliments Verdi. Mais la luzerne peut se retrouver directement comme matière première chez l'éleveur, ou partir à l'export, ou vers d'autres fabricants d'aliments...

De la consolidation au redéveloppement avec un projet de séchoir luzerne et bois, l'étude de faisabilité est bouclée, avec un projet énergie biomasse pour une capacité de 10 000 t bois et 10 000 t luzerne (séchage basse température).

1.2 Terrena : une filière lupin tirée par l'alimentation humaine

La filière lupin est présente depuis 30 ans au sein de la coopérative, avec un but alimentation animale au démarrage du projet (remplacer le soja). Si elle connaît ces dernières années un net développement, celui-ci est lié à celui de lup'ingrédient (alimentation humaine) qui commercialise des ingrédients issus du lupin sous différentes formes (farine, flocons, pépites).

Les projets de développement dans une filière animale (ovin) se heurtent à des questions de production (le développement de la culture est-il possible dans les conditions de marchés ?) couplées à des questions d'intérêt et de valorisation pour l'aval de la filière.

Terrena propose des contrats de productions avec accompagnement technique. Le lupin peut être cultivé seul ou en association avec une céréale. Il s'agit soit de blé tardif soit de triticale. La valorisation du lupin se fait donc majoritairement à destination de l'alimentation humaine avec une petite part pour l'extrusion (alimentation animale).

Les perspectives ne sont pas planifiées mais l'objectif est bien d'augmenter les surfaces dont celles en bio.

1.3 Centre Ouest Céréales : tourteaux d'oléagineux

L'unité industrielle de Chalandray triture des oléagineux (colza et tournesol) et estérifie en partie l'huile végétale pour produire des énergies renouvelables et des co-produits à destination de l'alimentation animale. Elle produit des tourteaux gras, de l'huile, de l'EMHV (Ester méthylique d'huiles végétales) et de la glycérine.

Les tourteaux sont dirigés principalement vers les fabricants d'aliment du bétail (FAB). Ces derniers offrant plusieurs avantages : pas de traces chimiques (extraction de l'huile par pression mécanique et non par extraction chimique à l'hexane) et garantie origine française sans OGM.

L'usine tourne à un régime optimal, valorise 240 000 tonnes d'oléagineux par an et produit 140 000 t de tourteaux gras et 93 000 t d'huile dont 78 000 t sont transformés en EMHV.

1.4 Luzerne du Poitou

Structure plus récente que Durepaire, la surface de luzerne contractualisée représente 1 500 ha séchés à basse température. Le produit est un foin de luzerne (luzerne déshydratée brins courts).

La structure a un projet de développement pour répondre au marché

- Objectif : 3 000 à 5 000 ha de luzerne séchée surpressée (Moyen-Orient, Asie)
- Chaudière biomasse cogénération (puissance : 4 MWh minimum), séchoir à bandes basse température

2 LES DÉVELOPPEMENTS RÉCENTS

2.1 Terrena Poitou : lin oléagineux

Terrena Poitou pour la production ainsi qu'Ekoranda usine d'extrusion pour la transformation, sont porteurs du projet. La première récolte a eu lieu en 2015, avec 980 ha contractualisés (pour un objectif initial de 500 ha). Pour l'an prochain, l'objectif est d'atteindre 1 500 ha de lin.

Le lin produit approvisionne l'usine d'Ekoranda qui fabrique des ingrédients pour l'alimentation animale. Via la cuisson-extrusion, l'aliment voit sa digestibilité améliorée. Cet aliment est ensuite introduit dans les rations de différentes gammes. Parmi celles proposées par Terrena on retrouve Claris Giga (bovin lait), Persillé Rubis (bovin viande), Capilia Méga (caprin lait), Orfy Méga (lapin), Axiolin (porcin).

L'intérêt est de diversifier la rotation par le biais d'une culture permettant un gain économique. Les bénéfices agronomiques sont : une amélioration de la structure du sol, une diminution des interventions (moins d'azote et d'intrants en général). L'aliment pour le bétail permet également une baisse des émissions de gaz à effet de serre (différents selon la production). Enfin, les produits Bleu-Blanc-Cœur garantissent une qualité pour le consommateur (rapport entre acides gras favorables).

2.2 Alicoop : filière soja

Par le biais de Soléo-Développement, trois coopératives (Charentes Alliance, Coréa et Sèvres & Belle) mettent en place cette culture. La transformation étant assurée par Alicoop. La Région Poitou-Charentes est partenaire financier. Le Cetiom et les obtenteurs RAGT et Euralis sont partenaires pour la R&D.

L'intérêt est de pouvoir diversifier la gamme des aliments pour bétail sans OGM et locaux. Pour les exploitants implantant cette culture, c'est un moyen de diversifier leur rotation avec une culture intéressante des points de vue agronomique et environnemental.

Dans un contexte où des coopératives laitières travaillent autour du non-OGM, face aux prix croissants du soja non OGM est née l'idée d'une filière de soja de pays. La filière s'organise de manière endogène, et elle repose sur trois axes : maîtriser les semences, établir un « tunnel » du paiement du prix entre céréalier et éleveur, construire une mise en marché en coopération avec les entreprises agroalimentaires.

2.3 Quels autres projets autour de la luzerne : du CPL à la déshydratation ?

D'autres projets de filières sont également à l'étude, avec des finalités diverses.

Le CPL (Concentré protéique de luzerne) avec un projet de luzerne bio porté par la Coopérative bio Corab.

Plusieurs projets « nouveaux » liés à la déshydratation de la luzerne resurgissent au gré de l'avancée ou du recul de projets énergétiques utilisant la biomasse (méthanisation et cogénération).

3 PERSPECTIVES, CONCLUSION

Il convient de rappeler que dans le passé, certaines unités industrielles ont disparu du fait de conditions de marchés défavorables et/ou d'absence d'intérêt des producteurs et des entreprises. Ce qui veut dire que le développement ou le maintien de filières (protéines ou autres d'ailleurs) dépend bien d'une conjonction de facteurs.

Après des années de régression, en termes de surfaces cultivées pour les productions protéiques et de nombre d'outils de transformation, les filières de production de protéines se stabilisent et se redéveloppent autour de cultures régionales « historiques » : luzerne et lupin. D'autres cultures reviennent dans l'assolement avec le lin, et également la production de protéagineux (lentilles, etc.).

Enfin, des unités de plus grande ampleur ont vu le jour (trituration d'oléagineux avec Centre Ouest Céréales) et projet autour du soja.

Ces différentes filières se retrouvent autour de points communs : la rentabilité économique, la maîtrise de la filière, la présence d'outils technologiques particuliers (trituration, extrusion), les questions énergétiques, le développement d'intérêts indirects dans les cultures (avantage agronomiques en particulier, de différentes natures). Par ailleurs, la protéine végétale étant un élément essentiel tant pour l'élevage que dans les évolutions en matière d'alimentation humaine, de nouveaux projets devraient pouvoir voir le jour.

L'alimentation protéique des volailles

Hervé Juin

Inra, EASM, Centre de recherche Poitou-Charentes
Station du Magneraud - CS 40052, 17700 Surgères, France

Herve.Juin@magneraud.inra.fr

RÉSUMÉ

L'apport protéique dans les aliments pour volailles est principalement réalisé avec du tourteau de soja essentiellement importé d'Amérique du Sud. Cette dépendance protéique pose plusieurs problèmes sur des aspects économiques (concurrence et volatilité des prix), environnementaux (transport, déforestation) et sociaux (soja OGM). L'utilisation de matières premières locales riches en protéines (tourteaux de colza, tournesol, pois...) a déjà été étudiée. Plusieurs voies, permettant de réduire leur teneur en facteurs antinutritionnels (génétique, procédés technologiques) ou d'améliorer la disponibilité des nutriments pour augmenter leur incorporation dans les aliments volailles, ont déjà été explorées. Des progrès peuvent être escomptés au niveau agronomique avec des itinéraires techniques innovants ou en termes de process avec un décorticage plus poussé du tournesol. Des travaux sont initiés afin de mieux comprendre les mécanismes de digestion pour une meilleure valorisation des matières premières par les animaux. Des approches globales permettent d'évaluer la durabilité de nouveaux systèmes alimentaires. Enfin, il semble nécessaire de poursuivre les recherches à travers des actions conjointes des acteurs de l'amont et l'aval de la filière afin de proposer des solutions permettant une meilleure utilisation des matières premières locales et de tendre vers des systèmes d'alimentation plus durables.

Mots-clés : Volaille ; alimentation protéique ; tourteau de soja

INTRODUCTION

L'aviculture est un débouché important des filières de grandes cultures en France. Elle est dépendante d'approvisionnements en soja en provenance principalement du Brésil. Les filières avicoles françaises connaissent une évolution marquée par un environnement très concurrentiel, une autosuffisance qui s'amenuise (44% des poulets consommés sont importés) et une volatilité importante du prix des matières premières. En France, plus d'un quart de la ration des volailles est constitué en moyenne de soja. Cette matière première riche en protéines intéressante d'un point de vue nutritionnel pose différents problèmes cruciaux : volatilité des prix avec une forte compétition de la ressource au niveau mondial, conséquences environnementales liées au transport et à la déforestation dans plusieurs zones de production, et culture principalement d'OGM rejetés par les citoyens. Dans une perspective de développement durable de ces productions, il est donc nécessaire de trouver des solutions pour réduire la dépendance au tourteau de soja importé dans les filières animales françaises.

1 ÉTAT DES LIEUX DES RESSOURCES ET DES BESOINS

Les aliments destinés aux volailles sont estimés être composés en moyenne de 34% de blé, 27% de maïs, 27% de tourteau de soja et 12% d'autres matières premières telles que huile (3%), tourteau de colza (0.2%), tourteau de tournesol (0.3%) ou drêches (0.9%) (Cereopa, 2012). L'apport protéique se fait majoritairement par le tourteau de soja importé, essentiellement d'Amérique du Sud qui représente 40 à 50% des matières premières riches en protéines importées, soit 3 millions de tonnes/an. L'Europe ne représente que 0,4% de la production mondiale, malgré une augmentation importante.

L'offre en Matières premières riches en protéines (MPRP) produites en France (oléoprotéagineux, coproduits de biocarburants, légumineuses à graines) ne remplace qu'en partie le soja importé. Cela s'explique par :

- des équilibres nutritionnels moins propices, avec une grande richesse en composés pariétaux, la présence éventuelle de facteurs antinutritionnels et pour les protéagineux notamment, une faible disponibilité ;
- une forte concurrence du tourteau de soja liée à son profil nutritionnel particulièrement bien adapté aux volailles et son prix d'intérêt favorable ;
- une production nationale de soja très faible.

Le tourteau de colza est une source de protéines intéressante en raison de sa disponibilité importante en France (3 Mt produites par an) et de la qualité de ses protéines. Cependant, la teneur en protéines digestibles est trop faible et les fractions pariétales sont trop importantes (cellulose brute : 12%, lignine : 10%), pour qu'il soit utilisé intensivement en alimentation des volailles. Il en est de même pour le tournesol, qui présente une teneur en protéines trop faible et nécessite d'être décortiqué non seulement pour concentrer les protéines mais aussi la fraction énergétique utilisable. Ce tourteau de tournesol décortiqué (36% de protéines et 19% de cellulose par rapport à la matière brute) trouve sa place en alimentation des volailles à raison de 5 à 10% dans les formules (Peyronnet *et al.*, 2012).

Des coproduits comme les glutens de maïs et de blé, issus de la séparation des fractions protéiques lors de la production d'amidon, sont des produits à haute teneur en protéines, mais avec un profil en acides aminés déséquilibré, et un prix élevé. Les drêches de blé et de maïs sont issues de procédés de production d'éthanol très variables d'une usine à l'autre et présentent de ce fait une variabilité de composition et de valeur alimentaire importante, qui limitent leur utilisation.

La valeur nutritionnelle et les contraintes d'utilisation des graines de protéagineux (pois, féverole et lupin) chez les volailles sont relativement bien connues. Ces matières premières sont intermédiaires entre une céréale et un tourteau, autant pour ce qui concerne leur valeur azotée que leur valeur énergétique. La teneur en facteurs antinutritionnels (anti-trypsiques du pois, tannins, vicine et convicine de la féverole, alcaloïdes du lupin...) a déjà été fortement réduite par la sélection variétale ou les procédés technologiques permettant leur valorisation en alimentation animale. Le plus grand frein à leur utilisation est le manque de disponibilité. La faible utilisation des MPRP locales s'explique en partie par une forte concurrence du soja liée à un profil nutritionnel particulièrement bien adapté aux volailles (figure 1).

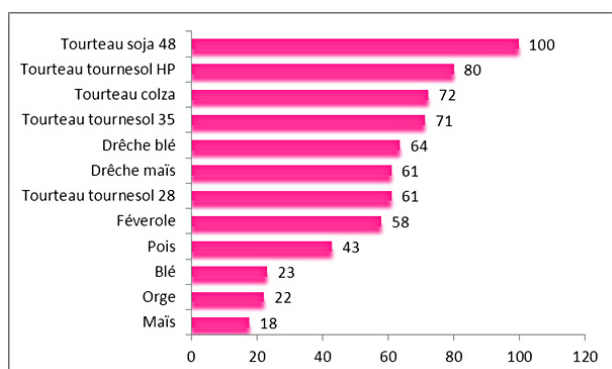


Figure 1 : Apports protéiques de différentes matières premières relatifs à ceux du tourteau de soja (d'après Sauveur et al., 2002).

La sélection du poulet standard est réalisée pour une production mondiale et donc avec des aliments à base de maïs et de soja, classiquement utilisés. Ceci ne permet pas une valorisation optimale des matières premières métropolitaines, plus riches en fibres.

Les demandes citoyennes sont multiples et peuvent aboutir à des effets adverses en matière d'importation de soja :

- des préoccupations environnementales. L'élevage de volailles, principal consommateur de soja, est ainsi montré du doigt car participant à la déforestation ;
- des mesures de précaution pour la santé publique. Les PAT (Protéines animales transformées), riches en protéines et en minéraux, ont été interdites par principe de précaution en 2000 suite à la crise de l'ESB (Encéphalopathie spongiforme bovine). Ceci a entraîné un recours accru aux matières premières végétales ;
- une prise en compte grandissante de la santé et du bien-être animal ;
- une demande pour des graines de soja non génétiquement modifiées.

2 COMMENT LA FORMULATION DES ALIMENTS S'ADAPTE

Le formulateur d'aliment doit composer avec les contraintes nutritionnelles des matières premières disponibles et compenser les déficits en énergie, protéines, acides aminés des unes, par d'autres matières premières plus concentrées et cela, sans pénaliser le coût de l'aliment.

2.1 La formulation des aliments volailles

La formulation doit fournir des aliments digestibles équilibrés, pour répondre au mieux aux besoins des animaux. Les apports protéiques sont exprimés en acides aminés digestibles. Le concept de protéine idéale est utilisé pour représenter un profil en acides aminés, qui permet de maximiser le critère de performance fixé (poids vif, indice de consommation, rendements PAC et filet), tout en limitant l'apport d'azote non retenu. Chaque matière première a son propre profil en acides aminés, ce qui lui confère plus ou moins d'intérêt lors de l'optimisation des aliments (figure 2).

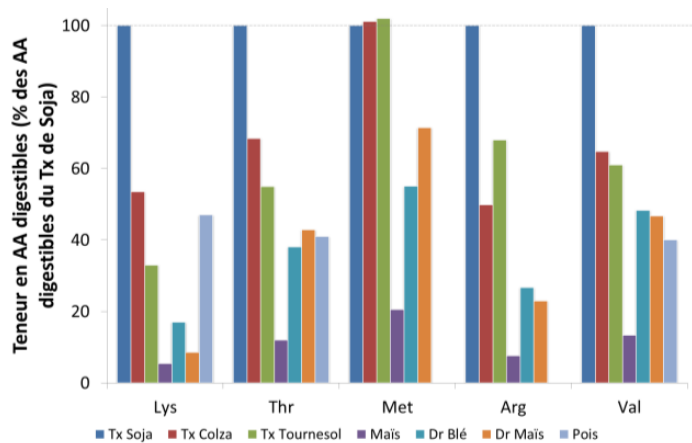


Figure 2 : Teneur en acides aminés digestibles de différentes matières premières (relative à la teneur en acides aminés digestibles du tourteau de soja = 100). (D'après Euronutrition et Onidol)

L'obtention de la protéine idéale est permise par les apports des matières premières souvent complétées par l'utilisation d'acides aminés de synthèse ou de fermentation tels la DL-Méthionine, la lysine HCl, la L-thréonine, le L- tryptophane et la L-Valine.

L'utilisation de MPRP autres que le soja est possible notamment pour les productions dont les exigences en protéines et acides aminés sont plus faibles. Il est en effet d'autant plus facile d'utiliser des matières premières peu concentrées en énergie et protéines que les besoins des animaux sont peu élevés, tout en maintenant les performances des animaux.

2.2 Les voies d'amélioration

Différentes voies d'amélioration sont envisagées aux niveaux « végétal » et « animal ».

Au niveau végétal

L'introduction des légumineuses dans les rotations courtes en cultures pures ou associées devrait permettre d'améliorer les rendements des cultures suivantes tout en réduisant les charges de l'ensemble des cultures.

L'augmentation de l'utilisation du tourteau de tournesol nécessite un décorticage plus poussé. Un taux de décorticage supérieur à 50 % entraînerait, s'il était appliqué avant l'extraction avec le procédé classique, des pertes de protéines et d'huile dans les fines et une gestion difficile du surplus de coques produites qui sont actuellement valorisées par combustion dans l'usine (Peyronnet et al, 2012). La féverole est également un bon candidat au décorticage, celui-ci permettant une concentration des protéines associée à une réduction des teneurs en parois mais également des tannins contenus dans les coques.

Les protéases pourraient être un atout majeur pour l'épargne de protéines mais des recherches sont encore nécessaires pour démontrer leur efficacité lors de l'utilisation de matières premières alternatives variées.

L'utilisation de larves d'insectes, bien que théoriquement intéressante n'est encore qu'expérimentale en Europe. Ceux-ci sont pour l'instant considérés comme des PAT et sont donc interdits dans l'alimentation des volailles. Les algues pourraient également constituer une matière première d'intérêt dans les années à venir. Elles présentent de nombreux atouts nutritionnels du fait de leurs teneur en protéines (jusqu'à 65% de la matière sèche), lipides, vitamines, pigments, antioxydants et autres composants cellulaires, mais leur prix actuel est trop élevé.

Au niveau animal

Les deux principaux leviers d'action permettant de moduler les réponses multiples des animaux (performances, impact environnemental...) sont la nutrition et la sélection génétique.

Une meilleure compréhension des mécanismes de digestion des protéines en lien avec le reste de la matrice alimentaire semble nécessaire pour optimiser l'utilisation de MPRP locales. Des travaux de recherches sont en cours afin de mieux comprendre les processus digestifs selon la source de protéines utilisée et cela dans le cas de matrices complexes. Il s'agit de caractériser les protéases endogènes, identifier des peptides résistants (non digestibles), et d'identifier des spécificités au niveau des mécanismes de digestion liées à la source de protéines utilisée,

A terme, il sera également nécessaire de développer une analyse des activités enzymatiques et des expressions de gènes au niveau du pancréas afin de pouvoir comparer ces mécanismes selon la source de protéines utilisée dans l'alimentation. Ces nouvelles méthodes d'analyse prometteuses pour approfondir les connaissances, mais coûteuses, représentent un objectif de plus long terme.

Une sélection des animaux sur l'efficacité digestive serait intéressante pour améliorer la valorisation de régimes alimentaires moins digestibles qu'un aliment à base de maïs/soja. Mieux comprendre et utiliser la variation d'efficacité digestive en lien avec les performances d'élevage, la santé et le bien-être des animaux, apparaît donc comme une étape indispensable dans la construction de systèmes d'élevage avicoles durables.

3 CONCLUSION

Une démarche conjointe associant des agronomes, technologues, nutritionnistes et généticiens s'avère nécessaire pour construire une vision commune et faciliter une production de matières premières et d'animaux adaptés. L'amélioration de l'autonomie protéique des filières avicoles françaises et européennes et la valorisation d'une image de « produit local » apparaît donc comme un challenge important pour les années à venir, et nécessite une plus grande coordination entre acteurs, amont et aval. Intégrer les cultures et l'élevage représente un enjeu fort en termes de compétitivité et d'écologisation. Différentes voies sont envisagées à plus ou moins long terme : développer l'alimentation de précision afin d'adapter au plus juste les apports aux besoins des animaux en fonction des objectifs fixés, disposer de matières premières adaptées et d'animaux plus adaptables.

BIBLIOGRAPHIE

- Recoules E, Brévault Ni, Le Cadre P, Peyronnet C, Lessire M, Bouvarel I. Synthèse JRA (2015). Tours.
- Bandegan A., Guenter W., Hoehler D., Crow G.H., Nyachoti C.M. (2009). *Poult. Sci.*, (88), 2592-2599.
- Bouvarel I., Lessire M., Narcy A., Duval E., Grasteau S., Quinsac A., Peyronnet C., Tran G., Heuzé V. (2014). *Oilseeds & fats Crops and Lipids*, 21 (4), D405.
- Cereopa (2013). Etude interne sur le modèle Prospective Aliment.
- Coop de France, Propos de Valérie Bris, Mai 2013 <http://www.infogm.org/Culture-du-soja-non-transgenique>
- Cozannet P., Lessire M., Gady C., Métayer J.P., Primot Y., Skiba F., Noblet J. (2010). *Poult. Sci.*, 89, 2230-2241
- Peyronnet C., Pressenda F., Quinsac A., Carré P. (2012). *Oilseeds & fats Crops and Lipids*, 19: 341-346.
- Deniz G., Gencoglu H., Gezen S.S., Turkmen I.I., Orman A., Kara C. (2013). *Livestock Science*, 152, 174-181
- Onidol (2014). Labalette F. « les débats de Vigie MP », 2 décembre 2014

Renforcer l'autonomie alimentaire en élevages laitiers

Luc Delaby

Inra, AgroCampus Ouest, UMR 1348, Physiologie environnement génétique pour l'animal et les systèmes d'élevage, 35590 Saint Gilles

luc.delaby@rennes.inra.fr

RÉSUMÉ

Bien que l'alimentation des élevages de ruminants repose sur les fourrages produits sur l'exploitation, la dépendance en protéines et minéraux des élevages laitiers est importante. Ce d'autant plus que l'ensilage de maïs occupe une place conséquente dans les rations annuelles des troupeaux. Or, la concurrence mondiale sur le marché des tourteaux riches en protéines est sévère et fragilise les élevages. Des solutions existent autour de deux idées fortes qui sont 1/ de renforcer la complémentarité entre fourrages et 2/ de limiter la consommation de concentrés et utiliser des ressources protéiques plus locales. Leur mise en œuvre devrait s'inscrire dans une démarche durable, volontariste et basée sur la grande diversité des cultures possibles sous nos latitudes.

Mots-clés : élevage laitier ; alimentation ; autonomie ; protéines

INTRODUCTION

L'autonomie alimentaire d'un élevage de ruminants correspond à la capacité du système d'alimentation mis en place par l'éleveur à nourrir toute l'année les troupeaux à partir des aliments produits sur l'exploitation. Le degré d'autonomie peut se définir comme la proportion d'aliments autoproduits pour satisfaire les besoins de l'élevage.

On distingue classiquement trois paramètres pour qualifier cette autonomie alimentaire :

- l'autonomie en matière sèche (MS) ;
- l'autonomie en énergie, exprimée en UFL ou UFV ;
- et l'autonomie en azote, exprimée en MAT ou en PDI.

Ces 3 paramètres sont alors comparés aux besoins totaux annuels des animaux exprimés dans la même unité.

Au-delà des aspects alimentaires, cette notion d'autonomie peut être étendue à l'agronomie, avec notamment la fertilisation, l'énergie, l'eau voire les semences. Mais on s'intéressera ici principalement à l'autonomie alimentaire, notamment en protéines de l'élevage bovin laitier.

1 L'ÉLEVAGE BOVIN : UN FORT LIEN AU SOL MAIS UNE DÉPENDANCE PROTÉIQUE CONSÉQUENTE

En France, l'élevage bovin se caractérise par un fort lien au sol et une alimentation basée sur les fourrages produits sur l'exploitation (Devun *et al.*, 2012). Le système fourrager repose généralement sur le couple herbe / maïs, dans des proportions très variables selon les régions

et les élevages, mais qui confère aux exploitations bovines une excellente autonomie fourragère (Paccard *et al.*, 2003). Par contre, les élevages bovins laitiers français se caractérisent par une forte dépendance aux concentrés, une très forte dépendance en protéines et finalement en concentrés protéiques. Même s'il existe des différences importantes entre systèmes selon leur degré d'intensification et la place de l'ensilage de maïs dans l'alimentation du troupeau. En effet, l'ensilage de maïs se caractérise par une production d'énergie par hectare très importante, une facilité et qualité de conservation excellente, une densité énergétique et une ingestibilité élevées. Ces atouts en ont fait la base de l'alimentation des vaches laitières en hiver et en complément du pâturage. Mais cette plante naturellement très pauvre en MAT, PDI, minéraux et vitamines est en fait un fourrage très déséquilibré en regard des besoins de même nature à couvrir. Ces carences nécessitent donc une complémentation en protéines et minéraux, d'environ 150g de tourteau de soja (ou 225g de tourteau de colza) par kg de MS d'ensilage de maïs consommé et 250 à 300 g d'aliment minéral vitaminé/vache/jour. Cette complémentation impérative à base d'aliments exogènes à l'exploitation explique la dépendance en protéines et minéraux des élevages laitiers. Chaque hectare de maïs destiné à produire de l'ensilage nécessite environ 0,8 ha de soja (Peyraud *et al.*, 2014) ou 1,15 ha de colza quelque part dans le monde.

Or la concurrence mondiale sur le marché des tourteaux, notamment de soja, est devenue sévère, du fait de la demande exponentielle de la Chine qui souhaite développer ses productions animales (figure 1). Cette concurrence explique les évolutions erratiques des cours du soja et en conséquence des autres matières premières riches en protéines, qui fragilisent les élevages devenus très dépendants. Renforcer l'autonomie alimentaire est ainsi devenu un enjeu majeur pour asseoir la robustesse et la flexibilité des élevages laitiers.

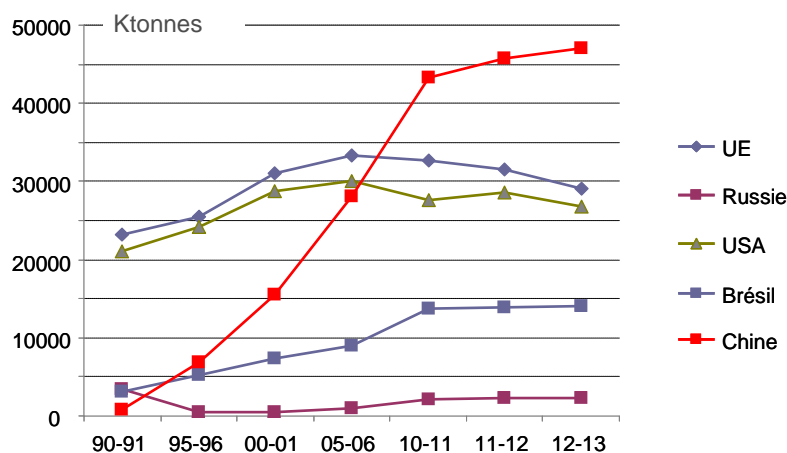


Figure 1 : Evolution de la consommation mondiale de tourteau de soja (d'après Oil World Annual – C.Peyronnet, Onidol - Unip 2013)

2 POUR RENFORCER L'AUTONOMIE ALIMENTAIRE, DES SOLUTIONS EXISTENT

Il est possible de renforcer l'autonomie des élevages de ruminants, en rappelant deux principes de base :

- les bovins, ovins et caprins sont des ruminants, c'est-à-dire des animaux capables de valoriser des fourrages ;
- selon leur potentiel génétique et la volonté de l'exprimer, l'utilisation des concentrés dans la ration annuelle des ruminants peut être limitée.

En conséquence, deux idées simples sont à développer pour améliorer l'autonomie alimentaire :

- rechercher le plus souvent possible un équilibre nutritionnel avec les fourrages pour limiter les besoins en aliments concentrés correcteurs ;
- si possible, réduire la consommation de concentrés et si besoin, produire ces concentrés sur l'exploitation ou dans le territoire proche.

2.1 Des fourrages qui s'équilibrent pour renforcer l'autonomie

L'herbe verte : une ration complète

Pour renforcer l'autonomie des élevages laitiers, l'une des clefs efficace est d'augmenter la part d'herbe, et notamment d'herbe pâturée, dans l'alimentation annuelle des troupeaux. En effet, l'herbe verte, composée de graminées associées ou non à des légumineuses, et disponible pendant 6 à 8-9 mois de l'année, est l'un des rares fourrages qui se satisfait à lui-même. Sa valeur nutritive à la fois en termes de teneur en UFL par kg de MS et de teneur en PDI par UFL correspond bien aux besoins des vaches laitières. Elle s'apparente en cela à une ration complète. De plus, valorisée au pâturage, cette ration se caractérise par un faible coût alimentaire, ce qui contribue aussi à son intérêt. Mais la gestion de cette ressource alimentaire instable ne s'improvise pas. Au-delà des difficultés associées aux surfaces accessibles limitantes et aux risques de sécheresse estivale, il s'agit donc pour l'éleveur motivé de se former et utiliser les outils d'aide à la gestion du pâturage (Delaby *et al.*, 2014) afin de produire et offrir aux vaches un aliment de qualité facile à pâturer et d'assurer la pérennité de la ressource grâce à une organisation anticipée.

Les grandes légumineuses... retour vers le futur

La luzerne et le trèfle violet sont deux légumineuses fourragères dont l'intérêt réside à la fois dans leur capacité à fixer l'azote atmosphérique et dans leur teneur élevée en protéines. Ces atouts permettent d'améliorer l'autonomie de l'exploitation grâce aux économies d'engrais azotés d'une part et de tourteaux d'autre part. De plus, leur capacité à résister aux étés chauds et secs contribue aussi à l'autonomie fourragère de l'élevage. En France, ces fourrages sont le plus souvent utilisés sous forme conservée (ensilage, foin et déshydraté dans le cas de la luzerne) et s'associent très bien en mélange avec l'ensilage de maïs. Ainsi, l'introduction de 5kg de luzerne déshydratée riche en protéines (22% MAT) sur une ration à base d'ensilage de maïs permet de réduire la consommation journalière d'environ 1 kg de tourteau de soja par vache et par jour (Peyraud et Delaby, 2014). Dans d'autres pays du monde, notamment en Amérique du Sud, la luzerne est aussi pâturée et constitue le socle des systèmes fourragers. L'association avec l'ensilage de maïs dans des proportions similaires permet alors d'obtenir une autre ration complète.

L'autonomie alimentaire dépend aussi du type de vaches et de leur conduite

L'autonomie alimentaire dépend certes des types de fourrages composant la ration mais aussi du type d'animal à nourrir. Plus l'animal sera exigeant, notamment du fait de son potentiel génétique, plus il sera difficile de satisfaire ses besoins nutritifs avec seulement des fourrages. De même, la répartition des vêlages et leur moment dans l'année va modifier les exigences alimentaires du troupeau et moduler la capacité de l'élevage à être autonome. Les travaux conduits par l'Inra au Pin-au-Haras indiquent clairement des sensibilités différentes selon les

rares. Les vaches Holstein apparaissent plus réactives : elles sont en difficulté dans un système où l'on cherche à renforcer l'autonomie à base d'herbe. A l'inverse, des animaux de type mixte (Normande, en l'occurrence), moins exigeants, sont moins sensibles et ont des performances de lactation moins différentes entre systèmes d'alimentation (Delaby et Fiorelli, 2014).

2.2 L'autonomie en concentré : un enjeu majeur

Au pâturage, supprimer le concentré protéique

La teneur en MAT de l'herbe verte permet sans risque de supprimer l'intégration de tourteau dans le concentré au pâturage. Des économies substantielles sont possibles. Dès que la teneur en MAT de l'herbe dépasse 140 g/kg MS, c'est-à-dire dans la très grande majorité des cas, la valorisation des protéines associées à l'apport de concentré est faible et l'essentiel des excès d'azote est alors éliminé par voie urinaire, en pure perte si ce n'est son effet fertilisant mal réparti... (Delaby *et al.*, 1996 – figure 2). Plus globalement, augmenter la teneur en PDI/UFL des rations au-delà de 100g est peu efficace et ne se justifie pas (Vérité et Delaby, 1998), sauf dans certains cas particuliers.

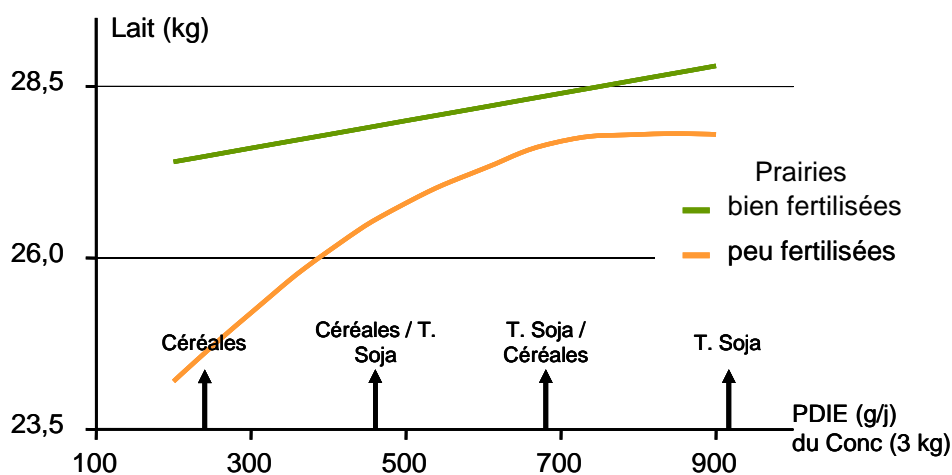


Figure 2 : Evolution de la production laitière (en kg lait/jour) selon différents niveaux de complémentation en protéines et sur deux types de prairies (bien ou peu fertilisées en azote)

Valoriser les oléo-protéagineux produits localement

Dans les systèmes de polyculture-élevage, à l'échelle de l'exploitation ou du territoire, la production d'oléo-protéagineux est une source de protéines bien valorisée par les ruminants. Le tourteau de colza peut remplacer le tourteau de soja à raison de 1,5kg pour 1,0kg sur les rations hivernales à base d'ensilage de maïs. Le pois protéagineux est l'équivalent d'un concentré de production (18% MAT – Hoden *et al.*, 1992) tandis que le lupin et la féverole, riches en protéines dégradables, peuvent partiellement remplacer le tourteau de soja dans l'alimentation hivernale. Cependant, les contraintes agronomiques associées à ces cultures de protéagineux (place dans l'assolement, désherbage, rendements, récolte...) font que les hectares emblavés fluctuent au gré du prix des ressources protéiques et des aides publiques associées.

Faut-il aller chercher la dernière goutte de lait ?

Plus généralement, il importe aujourd'hui, compte tenu de l'arrêt des quotas laitiers et des fluctuations importantes des prix des intrants et du lait, de s'interroger sur l'intérêt à exprimer le potentiel laitier grâce à l'apport de concentré de production au-delà de la ration équilibrée. L'analyse dite « de la bouteille de lait » proposée par la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne illustre parfaitement le décalage de coûts et de rentabilité du litre de lait produit à partir des fourrages de l'exploitation de celui obtenu à partir de concentrés achetés. La réduction des intrants, notamment des achats de concentré, permet aussi de façon passive, d'améliorer le degré d'autonomie alimentaire de l'élevage

PERSPECTIVES ET CONCLUSION

Compte tenu du contexte mondial, et notamment de la concurrence face aux disponibilités en tourteaux associée à des fluctuations de prix violentes, l'élevage de ruminants a et aura intérêt à renforcer son autonomie en protéines. Cette attitude devrait s'inscrire dans une démarche durable, volontariste, et reposer sur la complémentarité entre fourrages et graines à l'échelle de l'exploitation ou du territoire proche.

BIBLIOGRAPHIE

- Delaby L., Peyraud J.L., Verite R., Marquis B. (1996). Effect of protein content in the concentrate and level of nitrogen fertilization on the performance of dairy cows in pasture. *Annales de Zootechnie*, 45, 327-341
- Delaby L., Fiorelli J.L. (2014). Systèmes laitiers à bas intrants : entre tradition et innovation, *INRA, Productions Animales*, 27(2), 123-134
- Delaby L., Duboc G, Cloet E., Martinot Y. (2014). Pâtur'Plan: Un outil dynamique pour favoriser la gestion anticipée des parcelles en système de pâturage tournant, *Renc.Rech. Ruminants*, 21, 387-390
- Devun J., Brunschwig P., Guinot C. (2012). Alimentation des bovins. Rations moyennes et autonomie alimentaire. Compte rendu final 00 12 39 005. *Collection. Résultats*, Institut de l'Elevage, Paris, 45 pages
- Hoden A., Delaby L., Marquis B. (1992). Le pois protéagineux comme concentré unique pour vaches laitières, *Productions Animales*, 5(1), 37-42
- Paccard P., Capitain M., Farrugia A. (2003). Autonomie alimentaire et bilans minéraux des élevages bovins laitiers selon les systèmes de production. *Fourrages* 174, 243-257.
- Peyraud J.L., Delaby L., Delagarde R., Pavie J. (2014). Les atouts sociétaux et agricoles de la prairie. *Fourrages* 218, 115-124.
- Peyraud J.L., Delaby L. (1994). Utilisation de la luzerne déshydratée de haute qualité dans les rations des vaches laitières, *INRA, Productions Animales*, 7(2), 125-134
- Verite R., Delaby L. (1998). Conduite alimentaire et rejets azotés chez la vache laitière. Interrelations avec les performances. *Renc.Rech. Ruminants*, 5, 185-192

L'autonomie alimentaire d'une exploitation en bovin lait. GAEC des Nesdes Rouges (Vouneuil-sous-Biard, 86)

Victoire Depoix

Conseillère fourrages à la Chambre d'agriculture de la Vienne
victoire.depoix@vienne.chambagri.fr

RÉSUMÉ

Le GAEC des Nesdes Rouges est une exploitation laitière de la Vienne avec 105 vaches laitières. L'exploitation a fait le choix du pâturage et de la qualité des fourrages récoltés pour diminuer l'achat de concentrés. Les concentrés distribués sont de l'ordre de 800kg/VL/an avec une production de 7 300 L/VL

Mots-clés : Bovin lait ; autonomie ; pâturage tournant ; dérobées.

1 L'EXPLOITATION EN QUELQUES CHIFFRES

1.1 Assolement

SAU : 127 ha avec (en 2015) :

- 40.5 ha de prairies temporaires,
- 6.5 ha de luzerne,
- 24 ha de maïs ensilage,
- 5 ha de blé autoconsommé,
- 50 ha de cultures de vente : 26 ha de blé, 7 ha d'orge d'hiver, 17 ha de tournesol avec ray-grass d'Italie en interculture.

Sols : limons battants plutôt hydromorphes drainés.

1.2 Atelier lait

- Quantité de lait livré (2014) : 763 000 litres
- 105 vaches laitières Prim'Holstein. 7 300 litres de lait par vache et par an.
- Âge au premier vêlage : 32 mois. IVV : 422 jours
- Taux de renouvellement : 30%.

1.3 Main d'œuvre

2 UMO associés : David Juin et Jacques Dubin + 1 apprenti.

1.4 Principaux résultats économiques (2014)

- Produit brut : 415 000 €
- Charges opérationnelles : 94 000 €(23% du PB)
- EBE : 185 000 €(45% du PB)

2 HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION EN LIEN AVEC LA RECHERCHE DE L'AUTONOMIE

1983 : installation de Jacques Dubin sur une exploitation familiale avec 80 ha et 60 VL.

1991 : mise en place de l'irrigation pour sécuriser l'approvisionnement fourrager.

1999-2000 : formations sur le pâturage tournant et début du pâturage des vaches laitières.

2001 : construction d'un nouveau bâtiment. L'exploitation fait alors 115 ha avec 60 VL. Le choix est fait de positionner le bâtiment au centre des surfaces en herbe pour profiter au maximum du pâturage : passage de 19 ha pâturable par les vaches à 56 ha.

2004 : installation de David Juin qui apporte 100 000L de quota à SAU constante.

2005 : investissement dans une presse à huile pour les colzas : l'objectif est de produire du tourteau de colza pour les vaches et d'utiliser l'huile comme carburant pour les tracteurs.

2009 : arrêt de la production de tourteau de colza : les cours des protéagineux remontent, il est plus intéressant de vendre le colza à la coopérative et d'acheter du soja.

2012 : arrêt de la culture du colza pour maximiser les surfaces en cultures fourragères sur l'exploitation : les stocks deviennent trop justes avec une augmentation de cheptel et des années climatiques avec des sécheresses fréquentes.

2014 : investissement dans une réserve d'irrigation pour sécuriser les volumes d'eau. C'est également à cette période que les exploitants décident de réintroduire la culture de tournesol à la suite du ray-grass d'Italie. En effet, cette culture de printemps est la variable d'ajustement en fonction des stocks de fourrages : si les stocks sont suffisants, le ray-grass est retourné pour le tournesol. Si les stocks sont justes, le ray grass est conservé pour être exploité à nouveau.

3 L'AUTONOMIE, C'EST QUOI ?

3.1 Quelques chiffres

- Autonomie en fourrages : 100%
- Autonomie en concentrés : 37%
- Quantité de concentrés par VL : 781kg (dont 290kg de céréales autoconsommées).
Moyenne du réseau Inosis bovin lait en Poitou-Charentes (PCBL) : 1 814 kg / VL
- Quantité de concentrés en g/litre de lait (VL+GE) : 67 g/l, moyenne PCBL 264 g/l.
- Coût des concentrés : 39€/ 1 000L. Moyenne du réseau PCBL : 90€/ 1 000L.

3.2 Définition de l'autonomie par le GAEC des Nesdes Rouges

La recherche de l'autonomie sur l'exploitation se traduit par la quantité de concentrés distribuée par VL : cette quantité a diminué ici de 3 000 kg/VL à l'installation de Jacques Dubin à 491 kg/VL de concentrés achetés aujourd'hui.

L'augmentation de l'autonomie alimentaire de l'exploitation a été très liée à l'augmentation de la surface en herbe sur l'exploitation et à sa meilleure utilisation. Les génisses sont uniquement nourries avec de l'herbe pâturée et des fourrages conservés. Aucun concentré ne leur est distribué. L'âge élevé au 1^{er} vêlage est l'une des conséquences de ce rationnement.

3.2.1 La qualité des prairies

La qualité des prairies pâturées est un facteur primordial : sa maîtrise permet d'offrir une herbe de qualité aux vaches.

Ici, les prairies semées sont à base de ray-grass anglais précoce et d'un mélange de trèfles blancs. Le choix s'est porté sur du ray-grass précoce pour ne pas manquer d'herbe au printemps.

La durée de vie d'une prairie n'est pas définie à l'avance. Elle dépend de la productivité et de la flore présente dans la parcelle. Certaines parcelles de l'exploitation n'ont pas été renouvelées depuis plus de 10 ans.

Toutes les prairies sont fertilisées : elles reçoivent 15 tonnes de fumier à l'implantation puis 30 unités d'azote après le déprimage. Le 2^e apport d'azote est dépendant de la quantité de trèfles dans les parcelles, des besoins en herbe... Il peut être de 20 unités après chaque tour de pâturage.

Le ray-grass d'Italie en dérobée reçoit 140 unités d'azote à 200^e jour (base 0^e au 1^{er} janvier) pour une production autour de 4 à 5 TMS/ha.

3.2.2 Gestion du pâturage

Les vaches laitières pratiquent un pâturage tournant : cette méthode consiste à mettre un chargement élevé sur une parcelle pendant une durée limitée pour éviter le surpâturage et laisser un temps de repos important entre deux exploitations de l'herbe.

Ici, les prairies pâturées sont séparées en paddocks de 1.5 ha en moyenne.

Les vaches sortent de bonne heure : aux alentours du 15 mars si les conditions le permettent pour faire un déprimage sur l'ensemble de la surface en herbe. Cette sortie précoce, uniquement en journée au début permet de consommer l'herbe d'hiver et de ne pas être dépassé par l'herbe au printemps.

Les parcelles fauchées en foin sont déterminées en fonction de la pousse de l'herbe et des jours d'avance disponibles au pâturage au printemps. Lorsque le nombre de jours d'avance est suffisamment important, certaines parcelles sont débrayées pour faire du foin.

En été, lorsque l'herbe ne pousse plus, les vaches sont rentrées en bâtiment. Elles ressortent à l'automne le plus longtemps possible. Le pâturage d'automne représente un véritable moyen de diminuer la quantité d'aliments distribués. En 2014, les vaches ont été à l'herbe du 18 août au 1^{er} décembre.

3.2.3 Qualité des stocks

La recherche de l'autonomie est très dépendante de la qualité des fourrages récoltés sur l'exploitation. Un fourrage récolté au bon stade aura des valeurs alimentaires compatibles avec la production laitière.

Ceci implique une observation des stades de développement des graminées et de pouvoir être réactif pour la récolte : ici, les ensilages sont faits avant le stade floraison pour maximiser la quantité d'énergie récoltée.

L'exploitation s'est équipée d'une autochargeuse afin de limiter les temps de séchage au sol et ainsi pouvoir récolter du fourrage précoce avec 3 jours de beau temps.

3.2.4 Gestion zootechnique

L'objectif lorsque les exploitants ont fait le choix du pâturage a été d'optimiser les aliments grossiers distribués et non de faire une production de 8 000 L/vache. Ce raisonnement permet toutefois de pousser les vaches lorsque le prix du lait est au plus haut. En effet, il faut être attentif à l'efficacité alimentaire du dernier kilo de concentré. Moins on met de concentré dans la ration, plus chaque kilo supplémentaire est efficient.

Le niveau de démarrage des vaches est relativement faible : 25.7kg. Les exploitants ne recherchent pas l'expression du pic de lactation le plus haut et le plus vite possible. Ils préfèrent rationner davantage les concentrés, mais que la lactation dure plus longtemps.

Ration de base hivernale :

- 1kg de foin de luzerne,
- 2kg de céréales,
- 2.5kg de soja,
- 7kg d'ensilage de maïs
- 7kg d'ensilage d'herbe
- Minéral et bicarbonate

À la mise à l'herbe, la quantité d'ensilage d'herbe est progressivement diminuée jusqu'à être complètement enlevée de la ration lorsque la pousse de l'herbe le permet. Le maïs ensilage est conservé tout au long de l'année avec au moins 2kg de MS. Par contre, le concentré est lui retiré au printemps lorsque la quantité de trèfles dans les prairies est suffisante.

Les vêlages ont lieu pour 60% du troupeau en août/septembre/octobre. Les 40% restants sont étalés.

La volonté de faire pâturer le troupeau a induit des modifications dans sa gestion. En effet, il n'est pas possible de faire inséminer au printemps car les vaches ont un excès d'azote. De plus, l'herbe apporte beaucoup de minéraux, il faut être attentif aux cas de tétanie d'herbe.

Le pâturage a amélioré la situation sanitaire du troupeau : il y a plutôt moins de cellules au pâturage.

Par contre, la gestion de l'herbe est un défi qui implique de nombreux points de vigilance : gérer la fluctuation du lait dans le tank en fonction des conditions climatiques, les périodes de pluie, l'accès à l'abreuvement des vaches, le non gaspillage de l'herbe...

Centre INRA Poitou-Charentes - Le Chêne - RD 150
CS 80006 - 86 600 Lusignan
www.poitou-charentes.inra.fr

Chambre régionale d'agriculture Poitou-Charentes
CS 45002 - 86 550 Mignaloux-Beauvoir
www.poitou-charentes.chambagri.fr

