26è

3R RENCONTRES RECHERCHES RUMINANTS

Les 7 et 8 décembre 2022

Session

Autonomie protéique

INRAE

INSTITUT DE L'ELEVAGE idele

ELIANCE

Des éleveurs. Une ambition.

La fédération des entreprises de service et conseil en élevage

En R&D, Eliance c'est :

30 ingénieurs, techniciens et chercheurs

+ 2M d'€ de budget annuel

+ 50 publications scientifiques par an

De nombreux outils et partenariats : station de phénotypage de Nouzilly, UMT (Unité Mixte Technologique) eBis, LPA (Laboratoire Partenarial Associé) épigénétique, APIS-GENE, CIRBEEF...

L'expertise de notre réseau :

- Génétique
- Reproduction
- Nutrition
- Santé
- Bien-être animal
- Impacts environnementaux
- Qualité des produits
- Nouvelles technologies
- Efficience

RÉUSSIR
Nourrir votre performance

OPTIMISEZ LA GESTION QUOTIDIENNE
de votre **EXPLOITATION** grâce aux **REVUES RÉUSSIR**

11 N° PAR AN

11 N° PAR AN

Simplifiez-vous la vie
en vous abonnant directement sur :
boutique.reussir.fr

6 N° PAR AN

10 N° PAR AN

WWW.REUSSIR.FR
LE 1ER SITE PORTAIL D'INFORMATIONS AGRICOLES ET ALIMENTAIRES

POUR PLUS D'INFORMATIONS : RÉUSSIR Abonnement
1, rue Léopold Sédar Senghor - CS 20022 - 14902 CAEN CEDEX 9
Tél. 02 31 35 87 28 - service.abonnement@reussir.fr

AVEC LES TITRES DU GROUPE **RÉUSSIR**,
PORTEZ UN REGARD NEUF SUR VOTRE MÉTIER

afrique agriculture SUR LE WEB

Toute l'actualité agricole de l'Afrique en ligne sur :

www.afrique-agriculture.org

Et pour nos abonnés, bénéficiez en plus :

- De votre magazine accessible en ligne
- Des contenus exclusifs réservés aux abonnés
- Des articles en illimité sur tous vos écrans

LE SITE DE RÉFÉRENCE DES DÉCIDEURS DE L'AGRICULTURE

UNE INFORMATION QUOTIDIENNE ADAPTÉE À VOTRE MÉTIER

Distribution • Environnement • Décryptages

DÉCOUVREZ L'INTÉGRALITÉ DU SITE ET TOUS SES AVANTAGES,
Newsletters thématiques, Podcasts, Mags en ligne exclusifs, Fiches RH & Management, l'accès à plus de + de 25 000 articles.

DÉCOUVREZ-LE MAINTENANT
WWW.REFERENCE-AGRO.FR

RÉFÉRENCE agro

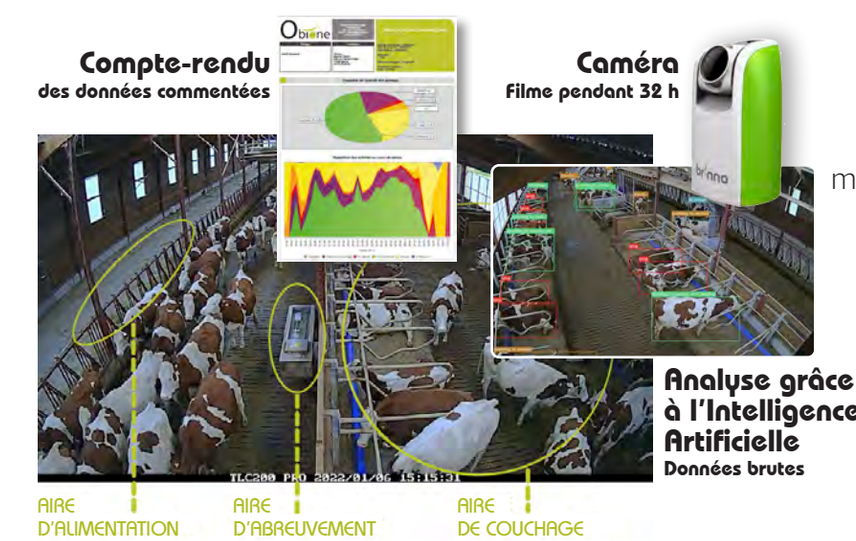
www.reference-agro.fr

Que font vos vaches quand vous n'êtes pas là ?

Pour savoir ce qu'il se passe vraiment dans l'élevage il faut le regarder en continu et analyser ce qui est observé. Nous vous proposons une solution pratique, automatisée et très riche en informations :

L'analyse par Intelligence Artificielle
et Application Spécifique du confort et de l'emploi du temps du troupeau.

Voir ce que vous ne voyez pas, compter ce que nous ne pouvons habituellement pas compter, mettre en évidence les leviers de productivité, s'assurer du confort des animaux, contrôler leur environnement, juste en installant 2 caméras (fournies) dans votre bâtiment.



C'est couchées que les vaches font le lait, mais il leur faut un accès à l'auge et à l'abreuvoir sans entrave, toute la journée.

➲Alors observons et analysons !

Calcul des index de couchage, de confort, d'abreuvement...

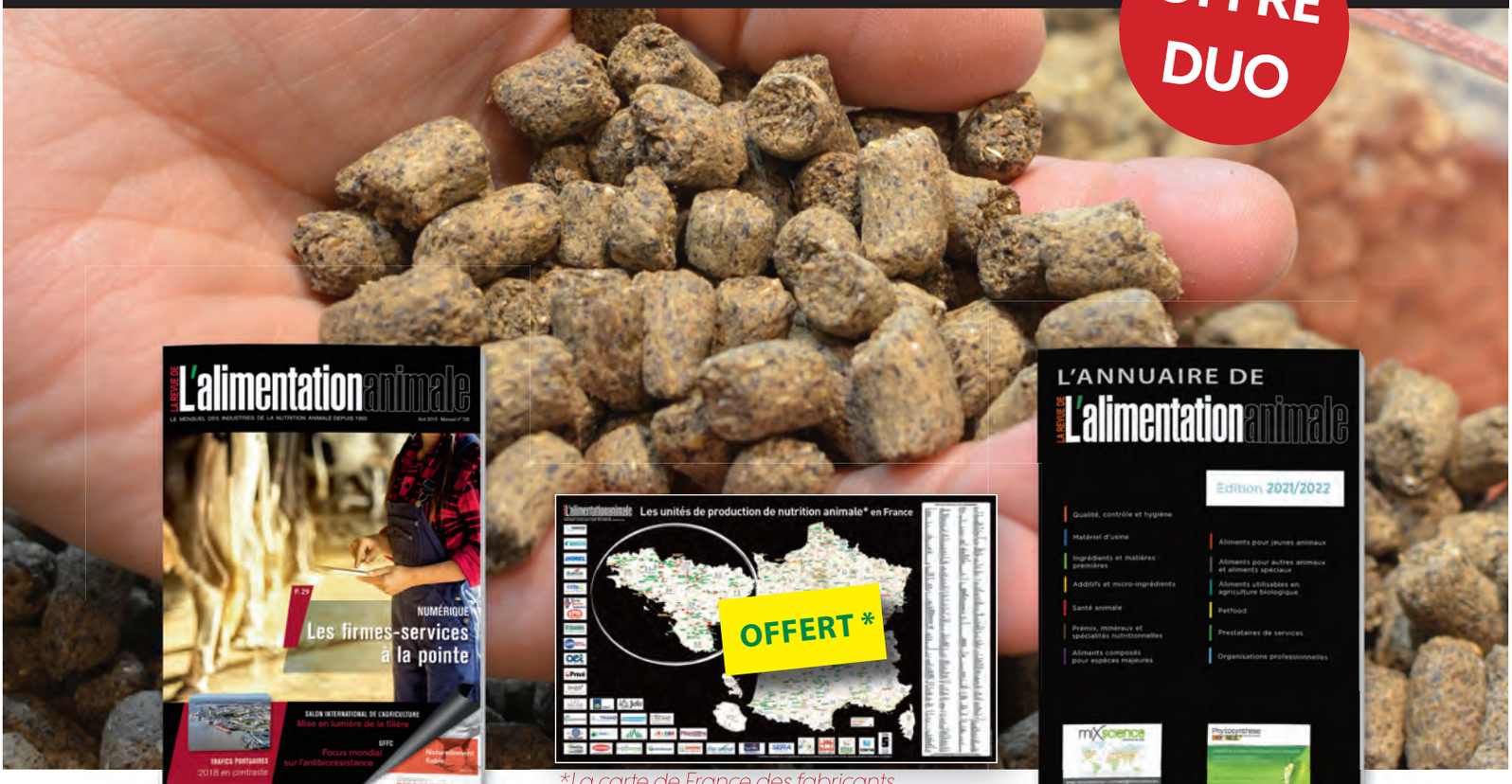
dilepix & Obione ont mis en commun leur expertise pour une solution d'analyse inédite et totalement personnalisée

www.dilepix.com **www.obione.fr**

LA REVUE DE L'alimentation animale

LE MENSUEL DES INDUSTRIES DE LA NUTRITION ANIMALE DEPUIS 1950

OFFRE DUO



*La carte de France des fabricants d'aliments (+ de 250 usines d'aliments) - valeur 20€

ABONNEMENT 1 AN
10 NUMÉROS

+

ANNUAIRE 2021/2022
DES FOURNISSEURS DE
L'ALIMENTATION ANIMALE

BON DE COMMANDE

Oui, je m'abonne

❍ 1 an
10 numéros +
Annuaire des fournisseurs de l'alimentation animale 2021/2022
259 €TTC

❍ 2 ans
20 numéros +
Annuaire des fournisseurs de l'alimentation animale 2021/2022
341 €TTC

Société .....
Nom .....
Prénom .....
Adresse .....
..... Code postal .....
Ville ..... Pays .....
Tél. ..... Facebook .....
E-mail (obligatoire) .....

MON RÈGLEMENT

❍ Chèque bancaire ou postal à l'ordre des Éditions Fitamant

❍ Carte bancaire N° |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_|
Date de validité |_|_| |_|_| Cryptogramme |_|_|_| *(3 derniers chiffres au dos de votre carte)*

❍ Par virement
Banque : crédit agricole – Éditions Fitamant
IBAN : FR76 3004 7140 7000 0201 7410 106
BIC : AGRIFRPP829

❍ Je souhaite recevoir une facture acquittée

Date et signature (obligatoire)

Conformément à la loi «Informatique et Libertés» du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant.

Éditions Fitamant - 2 rue Félix Le Dantec - CS 62020 - 29018 Quimper cedex
Tél. 00 33 (0)2 98 98 01 40 - abo@fitamant.fr - www.revue-alimentation-animale.fr

APAAA2021/2022

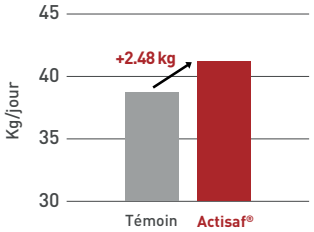
Les solutions Phileo pour une production laitière durable

Population
Augmentation de la production laitière

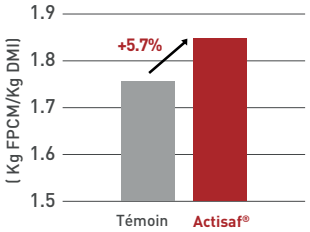
Profit
Amélioration de l'efficacité alimentaire

ActiSaf Sc 47

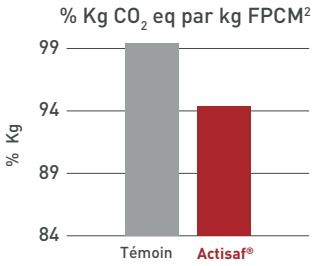
Lait corrigé ECM[1]



Efficacité alimentaire[2]



Planète
Réduction des émissions CO_2



La supplémentation en Actisaf® dans la ration des vaches laitières en lactation confrontées à des rations riches en énergie permet une augmentation de l'abondance relative des bactéries fibrolytiques et utilisatrices de lactate en réduisant le potentiel redox[3].

Au cours d'une méta-analyse incluant plus de 20 essais[1], il a été observé qu'une supplémentation de 5 g/v/j d'Actisaf® augmente la production laitière (1,74 kg/v/j) et le lait corrigé selon l'énergie (1,72 kg/v/j).

Phileo by Lesaffre

1 –Legendre, H. and Salah, N et al - Meta-analysis study of the effects of live yeast supplementation on milk production and energy corrected milk of lactating dairy cows – In submission

2 -Effect of Actisaf® supplementation on dairy cows carbon footprint, report of 3 trials in Europe - Blonk consultants 2022 -Please note this claim is based on an LCA that is not ISO 14040/14044 critically reviewed

3 -Marden et al., 2008. How does live yeast differ from sodium bicarbonate to stabilize ruminal pH. J Dairy Sci.:91: 3528-3535

DIGESCAN

Scannez ce code et découvrez notre nouveau service

- Outil de diagnostique de l'efficacité alimentaire en élevage, facile d'utilisation.
- Le service Digescan se compose d'un outil de tamisage de bouses et d'une application téléphonique d'enregistrement des données pour un suivi optimisé.

ABONNEZ-VOUS
ET RECEVEZ LES DERNIÈRES INFOS
"GRANDS TROUPEAUX / ÉLEVAGES CAPRINS"

JE M'ABONNE À :

GRANDS TROUPEAUX MAGAZINE et **HORS SÉRIE NUTRITION** (9+1 numéros/an) + **NEWSLETTERS**
☐ **1 AN : 90 €** TTC (75 € HT) ☐ **2 ANS : 156 €** TTC (130 € HT)

ÉLEVAGES CAPRINS MAGAZINE et **HORS SÉRIE NUTRITION** (4+1 numéros/an) + **NEWSLETTERS**
☐ **1 AN : 75 €** TTC (62,50 € HT) ☐ **2 ANS : 135 €** TTC (112,50 € HT)

GRANDS TROUPEAUX & **ÉLEVAGES CAPRINS** et **HORS SÉRIE NUTRITION** + **NEWSLETTERS**
☐ **1 AN : 150 €** TTC (125 € HT) ☐ **2 ANS : 276 €** TTC (230 € HT)

Nom : .....

Prénom : .....

Société : .....

Activité : .....

Adresse : .....

.....

Code postal : ..... Ville : .....

Tél : .....

Mail* : .....@.....

** adresse mail indispensable si vous désirez recevoir nos newsletter*

☐ Je paie par chèque à l'ordre de COMEDPRO ☐ Je souhaite recevoir une facture

BULLETIN D'ABONNEMENT À RETOURNER, ACCOMPAGNÉ DE VOTRE RÈGLEMENT À :

COMEDPRO – 35 avenue de la Grande Champagne – 72300 Parcé-sur-Sarthe – 06 40 36 29 93

www.grands-troupeaux-mag.fr / www.elevagescaprins.fr

Autonomie protéique

L'autonomie protéique des élevages de ruminants en France : un objectif réalisable ?

PAVIE J. (1), LE GALL A. (2)
(1) Institut de l'Elevage - Route d'Epinay, 14310 Villers Bocage
(2) Institut de l'Elevage - Maison nationale des Eleveurs, 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12

RESUME
Si l'élevage des ruminants en France présente un bon niveau d'autonomie protéique global avec une couverture de l'ordre de 75%, c'est principalement grâce à une part importante de fourrages incorporée dans les rations et notamment de l'herbe. Selon les systèmes, l'autonomie protéique varie d'ailleurs proportionnellement avec la part d'herbe consommée. Les systèmes laitiers sont les moins autonomes avec une dépendance aux concentrés azotés importés élevée et de ce fait subissent plus fortement les aléas du marché. Le soja, principale MRP échangée sur les marchés mondiaux, est aujourd'hui l'objet de controverses sur ses modalités de production (OGM, usage de pesticides interdits, déforestation). En France sa consommation est estimée à 3,8 Mt dont 44% par les ruminants avec 93% des volumes importés.
Pour réduire ces importations et gagner en souveraineté des solutions existent en valorisant mieux les prairies, en les enrichissant en légumineuses, en développant les légumineuses à graines, les cultures pures de légumineuses fourragères et en optimisant les rations des ruminants lors des périodes de forts besoins. Ce sont les objectifs du nouveau plan de souveraineté protéique lancé par l'Etat français en 2020 qui vise le doublement des surfaces en oléo protéagineux et légumineuses fourragères destinées à l'alimentation des ruminants à échéance 2030. Au-delà de la sécurisation des filières de production et de leurs volumes, l'amélioration de notre autonomie protéique présente aussi des avantages environnementaux indéniables.

Protein autonomy of ruminant farms in France: an achievable goal?

PAVIE J. (1), LE GALL A. (2)
(1) Institut de l'Elevage - Route d'Epinay, 14310 Villers Bocage
(2) Institut de l'Elevage - Maison nationale des Eleveurs, 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12

SUMMARY
If French ruminant breeding has a good level of overall protein autonomy with a coverage of about 75%, it is mainly due to a large proportion of fodder incorporated into rations, particularly grass. According to the systems, the protein autonomy varies proportionally with the part of grass consumed. Dairy systems are the least self-sufficient, with a high dependence on imported nitrogen concentrates, and are more affected by market fluctuations. Soybeans, the main MRP traded on world markets, are currently the subject of controversy over their production methods (GMOs, use of banned pesticides, deforestation). In France, its consumption is estimated at 3.8 Mt, 44% of which is consumed by ruminants, with 93% of the volume imported.
To reduce these imports and gain sovereignty, solutions exist by making better use of grasslands, enriching them with legumes, developing seed legumes and pure forage legume crops, and optimizing ruminant rations during periods of high need. These are the objectives of the new protein sovereignty plan launched by the French government in 2020, which aims to double the area of oil-protein crops and forage legumes used to feed ruminants by 2030. In addition to securing production channels and their volumes, improving our protein autonomy has also undeniable environmental advantages.

INTRODUCTION

La confiance en la mondialisation permanente des échanges a été mise à mal lors de l'épisode Covid en 2020 et a mis en lumière la fragilité de certaines filières de production fortement dépendantes des flux de matières premières importées. En effet l'Europe est aujourd'hui très dépendante, pour ses filières d'élevage, des importations de matières riches en protéines (MRP), en provenance du continent américain. Cette situation est le résultat voulu des accords de Blair House en 1992 qui accordaient à l'Europe la possibilité de développer ses productions et exportations de céréales sur le marché mondial en échange d'une limitation de ses surfaces en oléo protéagineux. Cette décision a naturellement conduit l'élevage européen à développer ses importations de MRP, principalement sous forme de tourteau de soja, indispensables au développement des filières et à l'intensification des productions. Cet accord et cet « appel » à des ressources extérieures a permis le développement de la culture du soja dans des pays aux conditions propices tels que le Brésil, l'Argentine mais aussi les Etats-Unis. Enfin, l'utilisation du tourteau de soja s'est aussi développée pour ses propres qualités en tant qu'aliment du bétail. Aliment le plus riche en protéines, complet dans sa gamme d'acides aminés essentiels, très efficace dans les rations pour satisfaire des niveaux de productivités élevés tant en lait qu'en viande, c'est aussi un aliment qui a longtemps été très disponible et souvent à un prix compétitif.
Cependant, si le tourteau de soja n'est pas la seule source de MRP importée, elle est la plus importante et incarne la dépendance au marché mondial. Il se trouve que le tourteau de soja incarne également certaines pratiques de plus en plus rejetées par le citoyen si ce n'est le consommateur, tels que les cultures OGM, l'usage important de pesticides, la déforestation ou le bouleversement d'écosystèmes (Forêt Amazonienne, savanes du Cerrado ou pampa argentine…).
Alors que les exigences des consommateurs se traduisent par le développement de filières « sans OGM », que les prix du tourteau de soja augmentent dans un marché dominé par la demande chinoise et pèse sur la compétitivité de nos exploitations, que les préoccupations environnementales s'imposent dans les débats et stratégies agricoles, la crise Covid est venue souligner la nécessité d'une réflexion et d'une stratégie d'amélioration de la souveraineté protéique de la

France. Cette réflexion s'est traduite par l'adoption dans le cadre du programme France Relance du Plan protéines 2030 dont l'objectif est d'assurer la souveraineté protéique de la France à échéance 2030.

1. LE SOJA AU CŒUR DU SUJET

1.1. UN MARCHE MONDIAL DU SOJA PILOTE PAR LA CHINE

Lors des accords de Blair House, l'Europe constituait le premier marché d'exportation des pays producteurs de tourteaux de soja alors dominé par les Etats Unis.
Depuis, avec le développement des pays émergents, la situation a beaucoup évolué et les flux mondiaux se sont réorganisés. En 2019, la production mondiale de graines de soja était estimée à 360Mt avec comme principaux pays producteurs ; les Etats-Unis (33%), le Brésil (33%) et l'Argentine (15%) (source USDA). Le reste de la production mondiale se répartit sur les autres continents avec comme principaux producteurs l'Inde et la Chine.
Au plan des exportations, le Brésil assure à lui seul près de 37% des exportations (graines et tourteaux), à jeu égal avec l'Argentine (37%, dont la caractéristique est d'exporter prioritairement des tourteaux) et suivi par les Etats Unis (25%).
La demande mondiale est aujourd'hui pilotée par la Chine qui importe en 2018, 88,5 Mt de graines de soja, soit près de 48% des exportations mondiales. Pour illustrer cette demande et le poids de la Chine sur les flux et le marché du soja, il suffit de rappeler que les importations chinoises n'étaient que de 55Mt en 2010, 10 Mt en 2000 et quasiment 0 en 1992 date du démarrage de ses importations *(Manon Sailley 2022).*
Avec une demande mondiale en forte progression, dopée par la demande chinoise, le Brésil a vu doubler sa production en 10 ans (2008-2018) et continue de produire plus chaque année, avec la pression sur la forêt amazonienne que l'on connaît.

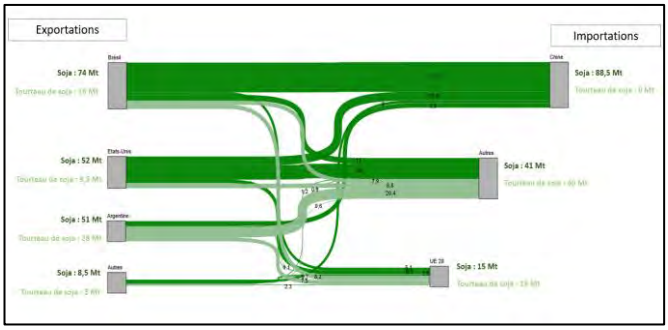


Figure 1 Flux mondiaux de soja et de tourteaux de soja en 2019 en millions de tonnes – source IDELE d'après douanes (TDM)

1.2. L'EUROPE DEVENUE UN CLIENT DE SECOND PLAN

Dans ce marché du soja, l'Europe n'est plus qu'un acteur secondaire. Ses importations en 2019 se « limitaient » à 15 Mt de graines et 19 Mt de tourteaux. Soit seulement 14% des échanges de soja. Si ces chiffres sont en légère baisse par rapport à l'année 2000, malgré le développement des productions animales, on le doit principalement à la promotion des biocarburants et une disponibilité accrue de tourteaux de colza.
Malgré tout, l'Europe reste très dépendante de ses importations de MRP et finalement peu autonome avec une autonomie estimée à 42% en MRP. Les importations de soja (graines et tourteaux) comptent pour près de 70% des importations en volumes de MRP en 2019 de l'UE à 28. Les productions de tourteaux de colza et de tournesol restent insuffisantes à l'échelle européenne. Et si globalement l'autonomie de l'élevage européen est estimée à 77% c'est en grande partie grâce aux fourrages et aux céréales produits en Europe.

1.3. LE SOJA PRINCIPAL TOURTEAU CONSOMME PAR L'ELEVAGE FRANCAIS

La France est à l'image de l'Union européenne. Toutes filières d'élevages confondues, la consommation de matières protéiques (MAT) en France était estimée à 15,1 Mt en 2019.
La plus grande part de cette consommation est couverte par les apports de fourrages (9,3 Mt de MAT) qui ne l'oublions pas, restent la source principale de protéines en élevages, principalement chez les herbivores. La différence, soit 5,8 Mt est donc assurée par des apports de concentrés.
Grâce à la politique de soutien aux biocarburants, la culture de colza a pu, au cours des 20 dernières années, se développer en France pour atteindre 1,1 Mha en 2020, et augmenter l'offre en tourteau de colza facilement substituable au tourteau de soja chez les ruminants.
Ainsi, en 2020, la consommation nationale de tourteaux de soja représentait environ 3,8 Mt (essentiellement importés), dont 44% pour l'élevage de ruminants, soit 1,64 Mt. Pour autant, les tourteaux de soja ne représentent que 28% apports protéiques concentrés et seulement 11% des besoins totaux en protéines. Si ces pourcentages peuvent paraître faibles, ils masquent une répartition très contrastée entre filières de ruminants. Ainsi ces 1,64 MT se répartissent à hauteur de 1,37 Mt pour les bovins laitiers (83%), 0,24 Mt pour les bovins viande (15%) et 0,03 Mt pour les petits ruminants (2%) (Figure n°2).

Volumes	Volumes de tourteaux de soja importés (x1000 t)	% du total des tourteaux de soja	% tourteau de soja / consom. totales de tourteaux
Toutes filières animales	3821	100 %	49 %
Volailles	1665	43 %	67 %
Bovins lait et mixtes	1367	36 %	53 %
Bovins viande	240	6 %	37 %
Petits ruminants	29	2 %	28 %
Porcs	224	6 %	19 %
Autres	296	7%	-

Tableau 1 Répartitions des consommations de tourteaux de soja par filière animale en France en 2015 (Sources : GIS Avenirs Elevages, Cordier et al, 2020)

Ainsi les systèmes bovins laitiers et mixtes sont les principaux utilisateurs des volumes consommés par les ruminants. Plus problématique encore, les tourteaux de soja représentent 53% des tourteaux utilisés.

Pour la part restante des consommations de tourteaux de soja, la filière porcine s'en est presque affranchie avec une consommation limitée à 224 000 t (6%), grâce au développement des acides aminées de synthèse. La filière avicole se situe quant à elle à hauteur des filières de ruminants, avec 43% des volumes, compte tenu de la richesse en acides aminés des tourteaux de soja. (*GIS Avenirs Elevages, Cordier 2020)*

Sur les 3,8 Mt de tourteaux de soja consommés en France, plus de 93% de ces volumes sont issus de l'importation soit sous forme de tourteaux soit sous forme de graines extrudées en Europe.

2. UN PLAN NATIONAL PROTEINES

2.1. UN PROGRAMME D'AMORCAGE POUR LANCER UNE DYNAMIQUE

2.1.1. Un objectif à 10 ans

Dans le cadre du plan France Relance, le gouvernement a initié en décembre 2020 un nouveau plan de relance de la souveraineté protéique. Il s'agit de s'engager dans un

programme décennal qui s'est fixé comme objectif de doubler la surface des protéagineux et légumineuses fourragères, à échéance de 2030. L'ambition est donc de porter ces cultures à hauteur de deux millions d'hectares soit 8 % de notre surface agricole utile.
Dans un premier temps, pour initier la dynamique, le ministère a lancé un programme sur 2 ans (2021 et 2022), qui a pour objectifs de résoudre 3 vulnérabilités :

1. Réduire notre dépendance aux importations de matières riches en protéines, notamment le soja importé de pays tiers ;
2. Améliorer l'autonomie alimentaire des élevages, à l'échelle des exploitations, des territoires et des filières ;
3. Développer une offre de produits locaux en matière de légumes secs (lentilles, pois chiche, haricots, fèves, etc.).

Ces objectifs sont aussi à replacer dans un cadre mondial et du développement des besoins de protéines végétales, comme animales. Ces besoins en augmentation sont en premier lieu déterminés par l'augmentation de la population mondiale. Il y a donc là, un risque de tension sur les marchés mondiaux si l'offre peine à couvrir les besoins. Il s'agit d'un risque non négligeable pour le maintien de nos volumes de production et de denrées alimentaires, la sécurisation d'un approvisionnement régulier des transformateurs locaux et des filières d'élevage avec les volumes d'emplois dans les territoires qui y sont liés.
L'enjeu est aussi la compétitivité future de nos exploitations et la sécurisation des revenus des producteurs et des éleveurs. Enfin, il s'agit d'apporter des réponses appropriées aux enjeux du changement climatique (GES via les cycles de l'azote et du carbone), et de la préservation de l'environnement (biodiversité, eau, sol, air).

Ce programme doté de 100 millions d'euros s'est articulé autour de 3 grands volets :

- Un programme d'action pour l'amélioration de la structuration des filières doté de 50 M€.
- Un soutien aux investissements/achats des agriculteurs permettant de contribuer à l'amélioration de leurs pratiques en matière de production de protéines (équipements, matériel - 30 M€).
- Un programme de Recherche et Développement Innovation doté de 20 M€.

2.1. Cap Protéines, un programme de Recherche Développement Innovation en deux ans et en 5 projets

Le dernier volet du plan de relance constitué d'un programme de recherche, développement, innovation et transfert, a été baptisé « Cap Protéines ». Il a été confié, pour son déploiement, à Terres Inovia et à l'Institut de l'Élevage. Son enveloppe se complète d'un financement de 33,5 M€ apporté par Terres Univia, l'interprofession des oléo protéagineux.

Cap protéines s'est structuré autour de 5 projets :

1. Evaluer et diffuser de nouvelles variétés de légumineuses et d'oléagineux à haute teneur en protéines en levant certains verrous techniques de production.
2. Faire gagner la production agricole en compétitivité et durabilité pour la production durable en protéines locales. En permettant notamment d'améliorer la compétitivité de ces cultures face aux céréales dans les assolements des exploitations de grandes cultures, mais aussi en dotant les filières des infrastructures nécessaires à l'augmentation des volumes de production attendus.
3. Répondre à la transition alimentaire *via* une alimentation animale locale durable et des produits diversifiés à base de protéines végétales pour l'alimentation humaine. Dans la perspective d'une substitution partielle des protéines animales par les protéines végétales dans l'assiette du consommateur, il convient d'assurer la production de ces ressources au plan national pour ne pas déplacer les dépendances aux importations.
4. Développer l'autonomie protéique des élevages de ruminants. C'est le volet élevage du programme, centré sur les productions d'herbivores, souvent en capacité de développer leurs ressources protéiques à des fins d'autoconsommation.
5. Coordonner le programme, en intégrant l'analyse d'impact, la conception de moyens de diffusion des informations et la communication à vocation générale.

Au total, ce sont plus de 200 partenaires qui ont été sollicités pour contribuer au déploiement de ces 5 projets. Les 3 premiers sont coordonnés par Terres Univia, tandis que le 4ème concernant le volet élevage a été confié à l'Institut de l'Elevage avec l'appui d'Arvalis-Institut du végétal. Le 5ème projet est copiloté par les deux chefs de file Terres Inovia et l'Institut de l'Elevage.

2.2. Elevages et cultures dans une même stratégie

Le projet « élevage » de Cap Protéines vise 2 objectifs : augmenter la part de protéines produites par les fourrages afin de réduire les besoins en concentrés et chercher les voies de substitution aux consommations de tourteaux de soja par la valorisation de ressources nationales (tourteaux, protéagineux, etc…).
Il va de soi qu'on ne peut accompagner et inviter les éleveurs à modifier leurs pratiques si la disponibilité des substituts aux tourteaux de soja n'est pas assurée. C'est pourquoi la stratégie de développement des cultures de protéagineux et celle de l'adaptation des conduites d'élevage d'herbivores sont indissociables et interdépendantes. L'une ne pouvant réussir sans l'autre.

2.3. Volet élevage de Cap Protéines : 120 Partenaires pour une multiplicité d'actions de recherches, de démonstrations, de création d'outils et de transfert

Dans le volet élevage de Cap Protéines, 120 partenaires de l'élevage ont été associés à une diversité d'actions. Parmi eux, les Chambres d'agriculture, les organismes de conseil en élevages, les CIVAM, les groupements d'agriculture biologiques, les instituts techniques, l'INRAE, l'AFZ, le BTPL… mais aussi une vingtaine établissements d'enseignement et autant sites expérimentaux mobilisés pour conduire des essais fourragers ou zootechniques.
Ce large partenariat a permis la mise en place d'une quarantaine de plateformes fourragères et autant d'essais zootechniques en stations. Les essais et expérimentations se sont complétés du suivi de 330 élevages, couvrant les 5 filières de ruminants et orientés vers la recherche de l'autonomie protéique pour illustrer et crédibiliser des trajectoires de réussite, décrire des leviers d'optimisation et analyser les relations entre autonomie protéique d'une part, et efficacité économique et performances environnementales d'autre part.
D'autres actions ont été centrées sur l'outillage des éleveurs et de leurs conseillers pour mieux analyser et diagnostiquer les situations initiales ainsi que pour optimiser certaines pratiques.
Enfin, dans le temps très court du projet (2 ans) des outils et des actions de transfert et communication se sont déployés et continueront de l'être au cours des prochaines années pour l'accompagnement aux changements de pratiques.

3. QUELLE AUTONOMIE PROTEIQUE POUR LES ELEVAGES DE RUMINANTS FRANÇAIS ?

3.1. UNE DIVERSITE PERSISTANTE DANS LES SYSTEMES D'EXPLOITATION

Les filières de production de ruminants françaises présentent encore, pour chacune d'elle, une grande diversité de systèmes

d'exploitation, de modalités de production, de niveaux de productivité. C'est notamment le résultat d'une diversité de contextes pédoclimatiques, de la présence de zones de plaines, de montagnes et de piémonts. A cela on peut ajouter la présence de nombreux signes de qualité parfois structurants sur les pratiques agricoles et les politiques agricoles nationales qui ont permis de limiter ou ralentir certains mécanismes d'homogénéisation ou de standardisation que l'on connaît chez certains de nos voisins.
Face à cette diversité, situer le niveau moyen d'autonomie protéique d'une filière, constitue donc une simplification de lecture.

3.2. MEILLEURE AUTONOMIE PROTEIQUE DES SYSTEMES ALLAITANTS

Selon les derniers travaux conduits par l'Idele, et notamment au travers des observations conduites dans le dispositif INOSYS-Réseaux d'élevage, sur un échantillon de 1200 élevages sur la campagne 2018, les systèmes d'élevage herbivores affichent une autonomie protéique moyenne de 75%. Cette valeur est confirmée sur un échantillon constant de 677 élevages sur 5 campagnes, tous systèmes confondus, sur la période 2014-2018. Comme on peut s'y attendre à la lecture des consommations des volumes de tourteaux de soja, une variabilité existe entre les types de production. Les systèmes laitiers, plus intensifs et plus en recherche de productivité, davantage basés sur le maïs fourrage, sont les moins autonomes.
Ainsi les ateliers bovins viande et ovins viande ont une autonomie protéique respectivement de 85,7% et 83,4% lorsque les ateliers laitiers bovins, ovins laitiers et caprins affichent respectivement 68,6%, 67,7% et 47,2%.

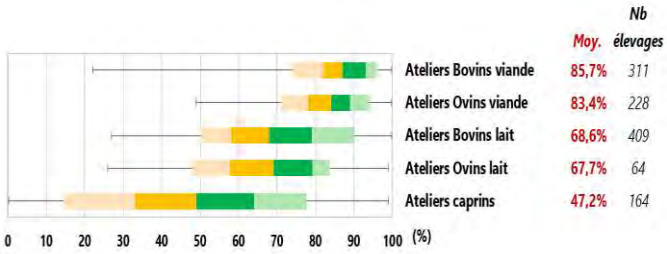


Figure 1 Autonomie protéique des ateliers d'herbivores par production (%), campagne 2018 (sources Inosys-Réseaux d'élevage)

Pour les ateliers allaitants, très largement basés sur la valorisation des prairies et le pâturage, tous se situent au-dessus de 70% et le quart supérieur au-dessus de 90%. Les systèmes biologiques, eux aussi très herbagers, sont même en moyenne à 95% d'autonomie protéique. Enfin, on constate peu d'écarts entre types de systèmes bovins viande (naisseurs vs naisseurs engraisseurs) (Seegers J. et al, 2020).

3.3. LA PART DE L'HERBE ET DU PATURAGE LIEE A L'AUTONOMIE PROTEIQUE

Cette relation entre part d'herbe et autonomie protéique est très visible pour tous les systèmes. Elle se confirme avec les caprins, où la part de pâturage est la plus réduite, où parfois le foncier manque et où les achats de fourrages ne sont pas rares. Dans les systèmes bovins laitiers, une segmentation de l'échantillon selon la part de maïs ensilage dans le système fourrager montre également que l'autonomie protéique diminue avec l'augmentation de la part de maïs ensilage (Seeger et al, 2020). Bien connu pour ses qualités énergétiques et son rendement fourrager intéressant en bonnes conditions de cultures, le maïs l'est aussi pour son déficit de protéines. Même si sa valeur protéique n'est pas à négliger, le rapport entre énergie et valeur azotée en fait une source de déséquilibre lorsqu'il est fortement introduit dans les rations. On peut considérer que la part grandissante du maïs ensilage constatée dans les rations de bovins laitiers et son corollaire qui est une baisse de la part du pâturage expliquent en grande partie la moindre performance en autonomie protéique des systèmes bovins laitiers.

4. LES FILIERES DE RUMINANTS PEUVENT ELLES SE PASSER DE TOURTEAU DE SOJA ?

4.1. UNE DIVERSITE DE LEVIERS POUR REDUIRE LA CONSOMMATION DE SOJA IMPORTE

4.1.1. Réduire les gaspillages, la première des stratégies

Chez la vache laitière, l'optimum des apports dans la ration se situe à 100 g de PDIE/UFL soit l'équivalent de 90 g de PDI/kg de MS ingérée. Au-delà, les apports supplémentaires améliorent faiblement les performances avec une augmentation des excrétions d'urée qui traduisent des pertes non valorisées et le plus souvent un gaspillage de concentré azoté (Vérité et Delaby, 1998).

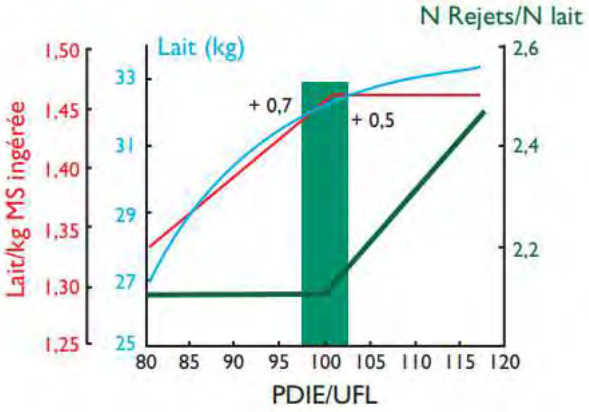


Figure 2 Evolutions des performances laitières et rejets azotés selon le rapport PDIE/UFL

Se rapprocher de cette valeur peut donc constituer le premier levier d'optimisation sans grandes modifications autres qu'un recalage de ration, d'autant plus que le nouveau système d'alimentation Inrae de 2018 permet de prévoir l'efficience des apports de PDI dès le calcul de la ration.
Le rapport de 100 g de PDIE/UFL traduit donc un compromis en termes d'ingestion, de performances zootechniques et de rejets azotés et de satisfaire à la fois les considérations techniques, économiques et environnementales.

4.1.2. Les fourrages 1er gisement de protéines

Les fourrages assurent l'essentiel des apports de protéines aux élevages de ruminants. Si l'on cite souvent la luzerne comme le fourrage riche en protéines on minimise souvent les autres légumineuses et encore plus les graminées prairiales composantes essentielles et majoritaires des prairies.
Depuis les années 1960, sous les effets conjugués des politiques agricoles qui ont favorisé les importations de MRP et le développement du maïs ensilage, des chocs pétroliers qui ont impacté les filières de déshydratation, les cultures de légumineuses pures n'ont cessé de décroître passant de 3,4 Mha en 1960 à 225 700 ha en 2014, le point bas historique.
Cependant, depuis 2014, on assiste a une remontée sensible des prairies artificielles (légumineuses pures hors destination déshydratation). Les surfaces étaient estimées en 2020 à 546000 ha. Il semble donc que ces cultures retrouvent une place dans des assolements. La recherche d'autonomie protéique peut en partie l'expliquer. Mais la réduction des usages de pesticides, la « redécouverte » du sol, le développement de productions non OGM et plus généralement une approche plus agroécologique en sont aussi les raisons.

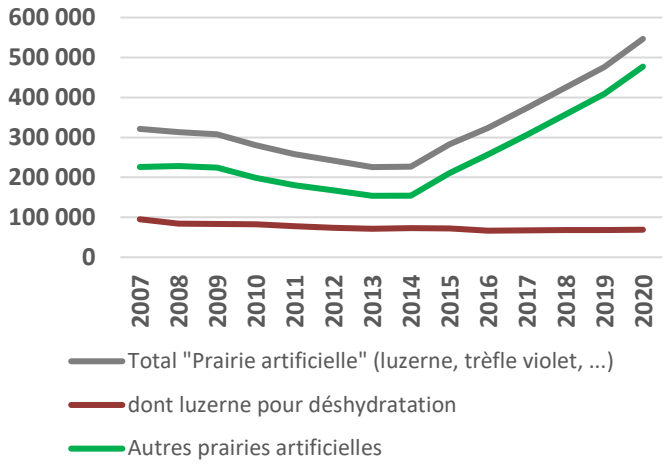


Figure 3 Evolutions des surfaces de prairies artificielles en hectares (source Agreste)

Le développement des légumineuses pures est une des voies possibles de la reconquête de la souveraineté nationale, au sein des exploitations de grandes cultures ou des élevages. Pour les premières, leur présence et leur développement se heurtent le plus souvent à un manque de compétitivité économique ou de filière de valorisation. Pour les secondes, les temps de retour de ces cultures sur les mêmes parcelles (7 ans pour la luzerne), en limitent la surface et finalement la capacité de substitution aux concentrés azotés. Il faut aussi ajouter des difficultés techniques d'implantation ou de gestion du salissement exprimées par les éleveurs ainsi qu'une certaine complexification des rations.
Quoi qu'il en soit, les légumineuses pures restent une des voies d'optimisation vers plus d'autonomie protéique.

Les légumineuses sont aussi présentes dans les prairies d'associations ou multi espèces où elles voient leur présence se renforcer ces dernières années. Il semble que les messages répétés de la R&D depuis plus de 10 ans, d'introduction systématiquement et en proportion importantes des légumineuses dans les mélanges prairiaux soient entendus. D'autant plus que la gamme de ces légumineuses tend à s'étendre avec l'arrivée de nouvelles espèces telles que les trèfles squarrosum ou de Micheli. Les derniers chiffres des ventes de semences prairiales attestent d'ailleurs d'une forte augmentation des ventes en France de légumineuses à petites graines de 157% entre 2009 et 2019 (Source : Semaé 2020). Au-delà de l'amélioration directe de la valeur du fourrage que procurent les légumineuses, incorporées aux prairies, on peut aussi mettre à leur bénéfice une production plus étalée, une meilleure résistance à la sécheresse, une contribution à la réduction des apports de fertilisation minérale (grâce à la fixation symbiotique).

En cultures pures ou en associations les légumineuses offrent de multiples possibilités entre la luzerne, la gamme des trèfles (blanc, violet, hybride, incarnat…), le lotier, les vesces, les gesses. Ces usines à transformer l'azote atmosphérique présentent de multiples atouts agroécologiques mais aussi économiques. Ces légumineuses doivent être présentes partout, dès que possible, et doivent développer leur place dans les systèmes fourragers, mais aussi dans les systèmes de cultures. Des marges de manœuvre sont souvent présentes dans bon nombre d'exploitations avec à la clé un potentiel de production renforcé, des valeurs fourragères améliorées et des économies d'intrants azotés.

Aujourd'hui, 91% des prairies temporaires associent légumineuses et graminées soit, si on ajoute les surfaces en prairies permanentes où elles sont quasi systématiquement présentes, mais dans des proportions variables, le taux de présence des légumineuses dans les prairies françaises atteindrait 97%.
Avec 11,5 millions d'hectares (dont 7,9 Mha pour les prairies permanentes et 3,6 Mha pour les prairies temporaires (RGA2010)), soit 41% de la surface agricole utile de la France, les prairies sont la principale surface fourragère des élevages de ruminants dont il faut souligner le potentiel de production de protéines très élevé. Avec un rendement de 7 tMS/ha et une valeur moyenne de 15% de MAT, la production de MAT à l'hectare est supérieure à 1 tonne par an. Soit l'équivalent de la production d'un hectare de soja à 26 Qx/ha. Avec une prairie très productive au-delà de 10 tMS valorisée par an, le rendement en protéines atteint 1,5 t de MAT/an (source Perpet 2020).

Avec des prairies riches en légumineuses, l'herbe peut atteindre des valeurs alimentaires comparables à celles des concentrés et s'avérer capable de s'y substituer. Les récents essais conduits dans le cadre de Cap Protéines dans les stations expérimentales sur des animaux de viande (broutards, vaches de réformes, jeunes bovins, génisses) ont montré qu'il était possible, sous condition d'une herbe de qualité, de maintenir les performances de croissances par des finitions à l'herbe pâturée ou récoltée.
Des essais menés en 2021 à la ferme expérimentale de Jalogny (71) ont montré que des broutards nés à l'automne non complémentés au pré ont atteint une croissance proche de celle des mêmes animaux qui recevaient 1,4 kg de concentrés par veau et par jour. Et cela pour un même poids de vente (440 kg vifs), et une économie de 100 kg de concentré. De même des essais de la ferme expérimentale des Bordes (36) confortent l'intérêt de l'herbe pâturée pour la finition de vaches de réforme. Finies au printemps (avec 39 ares/vache) le lot sans complémentation a atteint le même niveau de croissance que le lot fini en bâtiment avec du foin, du blé et du tourteau de colza (Deroche B., Idele, 2020).
Les pratiques de gestion des prairies influencent également le niveau de fourniture en protéines des prairies. L'étude conduite dans le cadre du projet 4AGEPROD à la ferme de Mauron (56) a montré qu'une fauche précoce avancée au stade montaison au lieu du stade début épiaison se faisait certes avec une légère perte de rendement sur cette première coupe, mais compensée par une coupe supplémentaire sur la saison, et surtout par une augmentation de 1,8 point de MAT du fourrage (Source : 4AGEPROD 2020). Les essais de la station de Trévarez confirment l'intérêt de ces fauches précoces (Tranvoiz E. et al., 2020).
Si la fauche précoce est un levier d'amélioration de la production de protéines, la durée d'exploitation et le niveau de valorisation des prairies sont évidemment des facteurs de variation importants. Plusieurs essais ont été conduits ces dernières années, notamment dans les stations de Trévarez (29), La Blanche maison (50) ou Thorigné d'Anjou (49) sur l'allongement du pâturage en automne et en hiver. Longtemps considérée comme une pratique à écarter, cause de dégradation des couverts et de pertes de productivité, les résultats tendent à montrer, notamment à la faveur d'hivers plus doux sous influence du changement climatique, que sous certaines conditions, la valorisation de ces prairies contribue de manière significative à l'autonomie fourragère et protéique des exploitations (source : Cap Protéines 2020).
Compte tenu du potentiel et des surfaces en prairies, il suffirait d'une amélioration du niveau de valorisation de 15% pour rendre l'élevage de ruminants totalement autonome. Pour cela de nombreux moyens sont disponibles ; gestion de la fertilisation azotée, réduction des pertes au pâturage ou aux récoltes, optimisation de la qualité des récoltes par avancement des dates de récoltes, allongement de la durée d'exploitation pour valoriser la totalité de la biomasse, etc.
Complémentairement à la prairie, les éleveurs ont développé ces dernières années des cultures fourragères complémentaires, annuelles, souvent riches en légumineuses et souples d'utilisation. Pouvant être valorisées en pâturage ou

récoltées (ensilage / enrubannage), être récoltées en fourrages ou en grains (méteils), elles assurent une diversité et une forme de sécurisation face aux aléas climatiques. On trouve ainsi les méteils (associations de céréales et de protéagineux), les cultures d'associations de type RGI, moha, millet… avec des légumineuses annuelles (trèfle incarnat, trèfle d'Alexandrie, vesce…), des crucifères (colza, navette, chou fourrager, radis) ou encore et plus récemment les associations maïs ou sorgho, avec des plantes compagnes riches en protéines (lablab, cowpea, vesce, soja, voire tournesols) (Launay F., Idele 2020).

4.1.3. Les voies de substitution du tourteau de soja

Pour les éleveurs, la première voie d'optimisation de leur autonomie protéique passe donc par l'amélioration de la valeur protéique de leurs fourrages et de la ration de base. Une fois cette voie explorée, la partie complémentation par les concentrés doit se trouver minimisée.

Dans une approche nationale, le tourteau de soja peut être remplacé par d'autres tourteaux produits plus localement, tels que les tourteaux de colza et de tournesol. Ces deux ressources présentent l'avantage de conditions d'utilisation et de performances zootechniques bien connues. Il conviendrait néanmoins de développer les surfaces de ces cultures si leur utilisation devaient augmenter.

A l'échelle de l'exploitation, l'autre stratégie peut être de gagner en autonomie par la production de concentrés fermiers riches en protéines et l'utilisation de protéagineux à graines tels que le pois, la féverole et le lupin mais aussi la graine de soja.

De nombreux essais ont été conduits dans les stations expérimentales, et récemment encore dans le cadre du projet Cap Protéines, pour évaluer les capacités de substitution du tourteau de soja par les protéagineux à graines présentés sous différentes formes, entières, broyées ou aplaties, et crues ou toastées.

Il est techniquement possible de substituer les correcteurs azotés par des graines de soja, pois, féverole et lupin dans la ration des ruminants. Ces protéagineux sont intéressants car riches en protéines et en matière azotée totale (MAT). Cependant, la dégradabilité rapide des protéines dans le rumen limite la disponibilité en protéines digestibles dans l'intestin (PDI) qui peuvent manquer aux animaux laitiers les plus productifs et exigeants.

Pour limiter cette dégradation dans le rumen, le toastage (traitement thermique) est possible pour retarder leur dégradabilité, donc améliorer la valeur alimentaire des graines mais aussi pour réduire la présence de facteurs antinutritionnels. Selon les tables Inra 2018, alors que du lupin cru dose 124 g de PDI par kg de matière sèche, on est à 180 g/KgMS une fois toastée. Cependant, des essais récents ont montré que l'utilisation de graines de protéagineux ne se traduit pas toujours positivement sur la production laitière et les taux. De plus, ces graines imposent quelques modalités spécifiques d'utilisation. Utilisés crus, les protéagineux doivent être broyés ou aplatis, au risque de retrouver les graines quasi intactes dans les fèces. Autre précaution, comme le pois ou la féverole sont riches en amidon, il faut veiller à ne pas dépasser 22 % d'amidon dans la ration pour ne pas risquer l'acidose ou la sub-acidose.

Si les performances techniques sont assez limitées, l'intérêt économique n'est pas non plus toujours évident. Il dépend en premier lieu des rendements de ces cultures et des marges obtenues. Par ailleurs, il faut intégrer les temps et les coûts des actions de broyage, toastage…

Pour le soja, plusieurs essais sur petits ruminants ou vaches laitières ont été récemment conduits.

Au lycée de Rethel, dans le cadre d'essais menés en 2021 dans le programme ARPEEGE, le soja toasté a été introduit dans les rations des vaches laitières en substitution partielle du tourteau de colza et à hauteur de 1,1 kg brut/j. Les résultats n'ont pas montré d'écarts sur la production laitière et le TB, en revanche la baisse du TP a impacté défavorablement le coût et la marge alimentaire (respectivement de +3€/1000 l et -15 €/1000 litres).

En 2022, dans le même lycée, un essai avait mis en comparaison une incorporation de soja cru et de soja toasté, là encore en remplacement partiel du tourteau de colza. Cet essai n'a montré aucune différence sur la production laitière et les taux, mais une légère augmentation du coût alimentaire (+4€/1000l). Le toastage, qui outre son coût, constitue une charge de travail supplémentaire, n'a pas permis d'améliorer les performances techniques et économiques. (ARPEEGE, 2022).

Au lycée agricole de Fontaines (71) durant l'hiver 2021, une expérimentation de 10 semaines a été conduite avec 2 lots de 25 vaches laitières. Le lot témoin recevait du tourteau de colza (3,4 kg brut/jour) et le lot expérimental uniquement des graines de soja toastées (3 kg bruts/jour) en substitution totale du tourteau de colza. Les résultats confirment ceux conduits au Lycée agricole de la Barotte (21) en 2019. La substitution totale du tourteau colza ou de soja est possible par des graines de soja mais elle impacte négativement les taux et pèse fortement sur les résultats économiques (Demarbaix A., Chapuis D., 2022).

Si le remplacement du soja importé par du soja produit sur la ferme et autoconsommé peut apparaitre comme une solution logique, son utilisation en ferme reste délicate avec de faibles intérêts techniques et économiques. Pour les producteurs en capacité de produire cette ressource (aptitude des sols, potentiel de rendements), la question de l'autoconsommation est posée.

4.1.4. Des éleveurs plus enclins aux solutions « fourrages » que « protéines à graines »

Dans le projet SiT'proT'in conduit dans le grand ouest de la France (Bretagne, Normandie, Pays de Loire et Nouvelle Aquitaine), une des actions a consisté à la réalisation d'une enquête auprès de 617 personnes (éleveurs, conseillers, enseignants, apprenants…) pour analyser les freins et motivations à l'amélioration de l'autonomie protéique, mais aussi les leviers envisagés ou retenus. De l'échantillon de 318 éleveurs de ruminants ayant répondu, il ressort que les leviers qu'ils jugent les plus mobilisables sont ceux qui concerne les fourrages et pratiques de gestion des prairies : augmenter la part d'herbe dans le système fourrager (67%) et dans la ration (53%), réaliser des ensilages plus précoces (57%), pâturer ou ensiler des dérobées (57%), produire et consommer des cultures de légumineuses fourragères pures (49%) ou encore analyser leurs fourrages pour mieux ajuster la complémentation (53%). En revanche, la solution consistant à produire et autoconsommer des protéagineux (pois, féverole et lupin) n'est envisagée que pour 15% des répondants et 49% de l'échantillon n'évoque pas ce levier (Seuret J.M., Caraes C., 2021).

4.1.5. Une stratégie de rupture pour se passer du soja importé

Une récente étude conduite par l'Académie de l'Agriculture de France, Idele, et le cabinet Asca/Iddri *(Pflimlin A. et al, 2022)* s'est attachée à l'étude de scénarios d'adaptation de l'agriculture française et européenne pour se passer des importations de soja. Il s'agit d'une approche macro-économique qui associe les stratégies d'adaptations des élevages et des systèmes de cultures pour à la fois réduire les consommations en élevages et produire les produits de substitution au tourteau de soja. L'étude se situe dans un contexte de maintien des volumes de lait et viande produits, ainsi que des performances animales (7000L/VL/an).

Selon les auteurs, à l'échelle de la France, supprimer totalement les consommations de soja importé supposerait une réduction de moitié des consommations de maïs ensilage de la vache laitière moyenne française (3,2 tMSU de maïs ensilage, 251 KgMS de tourteau de soja à 51% de MAT, 644 kgMS d'autres concentrés à 33% de MAT/kgMS comprenant

235 kgMS d'autres tourteaux et 409 kgMS de coproduits de céréales) (tableau 2). Cette consommation passerait alors de 3,2 tMS à 1,6 tMS de maïs ensilage par vache laitière et par an. Cette réduction doit alors être compensée par de l'herbe pâturée ou fauchée (1600 kgMS), de bonne qualité, à 8 tMS utile/ha et 16 % de MAT.

Ration Vache laitière (KgMS/an)	Moyenne VL 2018	Hypothèse Herbe ++
Herbe 12 % MAT	2180	2180
Herbe 16% MAT	0	1600
Ensilage de maïs	3200	1600
Céréales	458	900
Tourteau de soja	251	0
Autre concentré azoté	644	453
Total Concentré	1353	1353
% MAT de la ration	13	13

Tableau 2 Scénario de réduction du maïs ensilage pour les vaches laitières en France (Pflimlin A., 2022)

Au niveau des surfaces, la suppression d'un hectare de maïs ensilage doit être compensée par 1,37 ha de prairie temporaire riche en légumineuses et exploitée pour l'optimisation de sa valeur protéique ; pâturage au bon stade, fauches précoces, mais aussi par 0,5 ha de céréales. Soit la mobilisation de 1,87 ha pour compenser la réduction d'un hectare de maïs ensilage à 11 tMSU/ha. Cette modification de la base fourragère de la ration des vaches laitières se traduirait par une suppression totale des tourteaux de soja aux vaches laitières et d'une réduction importante des autres tourteaux protéiques alors ré orientables vers d'autres catégories animales en substitutions de leurs consommations de tourteau de soja. Pour les autres bovins, selon cette étude, les substitutions de sources azotées (tourteaux de colza et tournesol) économisées sur les vaches laitières, ajoutées à la réduction là encore de la part de maïs remplacée par des prairies temporaires, et enfin une optimisation de la conduite des surfaces en herbe permettraient de se passer totalement du soja importé. Finalement cette étude montre que l'élevage ruminants français pourrait se passer totalement de soja importé et cela même sans augmentation des productions de légumineuses à graines.

L'étude s'attache également à mesurer l'effet d'un développement des cultures riches en protéines sur la consommation totale des MRP importées, y compris sur les autres filières animales, notamment pour le secteur des volailles dont la consommation est de l'ordre 1,6 millions de tonnes de tourteau de soja par an.
Les hypothèses retenues reposent sur :

- le maintien des surfaces en colza et tournesol sur la base de l'année 2020, respectivement estimées à 1,1 Mha et 650 000 ha en 2020.
- la multiplication par 4 des surfaces en soja par rapport à 2020 (186 000 ha en 2020).
- le triplement des surfaces en protéagineux (295 000 ha en 2020).

Si les deux premières hypothèses semblent très réalisables, la troisième reste ambitieuse compte tenu des difficultés culturales et phytosanitaires que rencontrent actuellement encore ces cultures.
La conjonction de ces trois conditions permettrait *in fine* de s'affranchir de toutes les importations de soja en France.
En conclusion, en additionnant ces deux voies, réduction du maïs ensilage en élevages de ruminants et développement des cultures riches en protéines, l'autonomie en soja de l'ensemble de l'élevage français semble réalisable, sans réduction du cheptel, ni des volumes de productions animales. De plus, le bilan économique de la ferme France ne serait pas pénalisé malgré la réduction des exportations de céréales, et ceci sans chiffrer les bénéfices environnementaux associés au développement des légumineuses.

Pour faciliter la réalisation d'un tel scénario, et compte tenu des rapports des prix et de rendements entre les céréales et les légumineuses à graines, l'étude propose d'instituer un soutien spécifique minimum de 200€ / ha sur deux millions hectares supplémentaires mobilisés. Soit un million d'hectares de légumineuses fourragères et un million d'hectares de légumineuses à graines en plus, s'ajoutant au demi-million d'hectares actuels de légumineuses à graines. Ce soutien pouvant être justifié pour les bénéfices environnementaux de ces cultures et leur contribution à la souveraineté alimentaire de la France.

4.2. LES MULTIPLES FREINS A LEVER POUR PLUS D'AUTONOMIE PROTEIQUE

4.2.1. Une production d'oléo protéagineux face à des obstacles économiques et sanitaires.

L'amélioration de la souveraineté protéique ne peut se réaliser sans le changement des pratiques des éleveurs qui sont les consommateurs des MRP. L'objectif est donc de réduire la part de concentrés riches en protéines dans les rations, mais aussi de substituer au soja des ressources produites au niveau national. Le développement de ces ressources nationales est donc un préalable indispensable avant d'imaginer d'engager les éleveurs vers de nouvelles voies d'alimentation de leurs troupeaux. Or plusieurs freins et risques persistent sur le développement des protéines végétales françaises. Le premier risque est celui de la baisse des surfaces en colza qui fournissent le substitut le plus employé aujourd'hui au tourteau de soja dans l'alimentation des ruminants et constitue la deuxième ressource de MRP consommée au niveau européen avec 43 Mt brutes en 2018/2019. Avec un apport, d'1,5 kg de tourteau de colza à la place d'1 kg de tourteau de soja, la substitution assure les mêmes niveaux de performance technique laitière. L'enjeu du maintien des surfaces actuelles en colza est donc très important alors que ces dernières années les surfaces se sont érodées sous les impacts successifs de sécheresses post semis. De même, il y a un enjeu au développement de la culture de tournesol qui semble s'être amorcée en 2022 et qui offre elle aussi un tourteau riche en protéines dont la consommation européenne était de l'ordre 10 Mt en 2018/2019.
Le second risque est porté par une conjoncture de prix des céréales qui accroît encore l'écart de marge brute entre céréales et cultures de protéagineux. Le manque de performance économique des cultures de protéagineux, est liée à la fois à des prix peu attractifs, mais aussi à des rendements faibles en partie liés à des problèmes de gestion sanitaire aggravés avec la réduction d'usage des phytosanitaires. Enfin, les cultures de protéagineux ont connu une plus faible et plus lente amélioration génétique. Alors que le blé dispose de près de 700 variétés inscrites en France et que le rendement potentiel s'améliore en moyenne d'un quintal par hectare et par an (1,34), le pois n'offre qu'une centaine de variétés avec seulement une amélioration annuelle du rendement de 50 kg/ha pour le poids de printemps.
Ce retard de sélection et d'amélioration génétique contribue à accroître les écarts de performances avec les céréales et se mesure aussi sur une moindre adaptabilité aux évolutions et aléas climatiques (stress thermique, gel, stress hydrique). Enfin, le développement important de la culture de pois au début des années 90 et son retour trop fréquent de la culture sur les mêmes sols a aussi conduit au développement d'une maladie tellurique, *Aphanomycès euteiches,* qui a contaminé de nombreuses parcelles et empêche encore aujourd'hui son retour. La conséquence a été la délocalisation de la culture du pois vers des régions et des sols moins favorables, avec à la clef une baisse des rendements et une perte de compétitivité (*Jeuffroy et al., 2015)*.

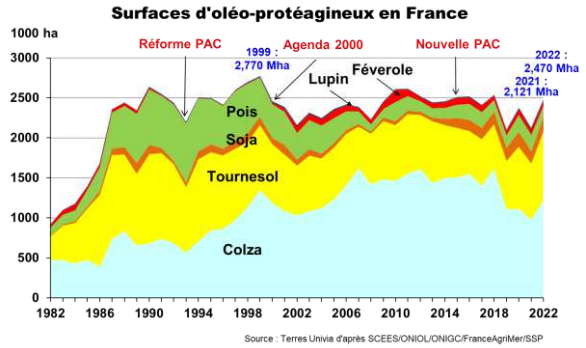


Figure 4 Evolution des surfaces d'oléo protéagineux en France, source Terre Univia 2022

4.2.2. Des filières d'oléo protéagineux à organiser pour changer d'échelle

Au-delà des difficultés de production qu'il faudra lever, il faut aussi prendre en compte la nécessaire organisation des filières (coopératives, négoce, transformation) qui doit accompagner le développement des volumes. Or la visibilité sur l'évolution des volumes reste floue pour anticiper des investissements attendus. D'autant plus que la mise en place d'une logistique est plus complexe et plus coûteuse sur les cultures à petits volumes, au regard de celles des céréales.

Des signaux forts doivent émerger, portés par une politique nationale claire et maintenue dans le temps et qui au-delà des ambitions affichées doit se concrétiser par des mesures pérennes d'accompagnement au développement des oléo protéagineux *(Duru M., 2016).*

4.2.3. Des éleveurs à convaincre

Les organismes de recherche et développement se sont emparés depuis longtemps de la thématique de l'autonomie protéique et de la recherche de solutions à proposer aux éleveurs pour progresser sur cet enjeu. Le programme Cap Protéines est venu compléter, renforcer et massifier les travaux qui étaient déjà conduits. Même si toutes les réponses aux questions de recherches ne seront pas fournies à l'issue de ce programme, nous disposons déjà de nombreuses solutions testées, éprouvées, validées par l'expérimentation à proposer aux éleveurs pour les aider à gagner en autonomie protéique.

Cependant, l'objectif de progresser en autonomie protéique se cumule avec d'autres objectifs tout aussi importants comme l'adaptation au changement climatique, qui peut en certains point rejoindre les questions d'autonomie fourragère et protéique, mais aussi la réduction de l'empreinte carbone des produits agricoles, la transmission des exploitations et le renouvellement des générations, etc. le tout dans une perspective de maintien ou de développement de l'efficacité économique des structures et de la compétitivité des produits, et en maintenant les systèmes vivables sur le plan de la charge de travail.

L'un des freins principaux exprimés par les éleveurs à l'amélioration de leur autonomie protéique est la remise en cause des systèmes initiaux, le changement des habitudes et des pratiques avec la crainte d'une perte de performance animale. Dans les systèmes bovins laitiers, les régimes à base de maïs ensilage et tourteaux de soja offrent l'avantage de la simplicité et de l'efficacité technique. Les éleveurs pressentent aussi, et souvent à juste titre, que la recherche d'autonomie protéique peut être source de complexité accrue dans la gestion de leur système avec une part plus importante à donner à l'herbe et au pâturage, à contre-courant des évolutions visibles des systèmes laitiers notamment, avec un plus fort degré de diversification des ressources fourragères et des assolements culturaux, une gamme de ressources plus large dans la composition des rations. Enfin, et ce n'est pas le moindre des problèmes, les modifications possibles et souhaitables des systèmes de production ne s'accompagnent pas toujours d'écarts de performances économiques très importants.

Même si une très large majorité d'éleveurs enquêtés dans le projet SiT'proT'in (76%) estiment que l'amélioration de leur autonomie protéique va permettre un gain économique sur leur exploitation, les évaluations technico économiques des leviers ou les simulations réalisées à l'échelle des systèmes montrent des écarts variables selon les contextes de prix (tourteau de soja *vs* lait et viande). Les techniciens qui les accompagnent sont d'ailleurs plus mesurés que les éleveurs avec seulement 58% d'entre eux qui partagent leur avis. On peut supposer que les réponses des éleveurs appréhendent surtout la notion d'économie d'intrants, sans forcément mesurer les conséquences systémiques de cette réduction d'achats. Sans gain économiques notables, récompensant les efforts d'adaptations et de changements, les motivations seront difficiles à trouver et devront être cherchées ailleurs (impacts positifs sur l'environnement, sécurisation du système sur le long terme…).

Si l'on souhaite réduire les consommations de soja chez les éleveurs de ruminants, il conviendra de poursuivre et d'intensifier la communication et la sensibilisation sur le sujet. Peut-être en mettant plus en avant, les bénéfices environnementaux, et les risques sur le moyen terme d'une dépendance élevée et en progression des MRP importées, face à un marché mondial où les tensions sur l'offre peuvent encore se renforcer. Cela plaide aussi pour un accompagnement des éleveurs, par les organismes de développement, au-delà de la sensibilisation et d'éventuels diagnostics de situation, sous des formes qu'il reste à concevoir (collectives ou individuelles) qui sécuriseront les processus de changement à intégrer.

Enfin, pour atteindre un objectif collectif de cette importance, il faut une communication nationale convergente des acteurs ; coopératives, négoces, transformateurs, encadrement technique, etc. Cela suppose que chacun doit aussi y trouver un intérêt.

4.3 AUTONOMIE PROTEIQUE, ECONOMIE ET ENVIRONNEMENT QUELLE CONVERGENCE D'OBJECTIFS ?

Il n'est aujourd'hui pas envisageable de promouvoir un objectif ou une stratégie agricole, aussi justifiée soit-elle si elle s'accompagne d'effets délétères sur l'environnement ou ne satisfait pas des objectifs d'efficience économique pour les éleveurs et leurs filières.

De même l'autonomie protéique ne peut s'envisager avec une dégradation de l'autonomie énergétique des rations.

Plusieurs travaux ont été conduits pour analyser des relations entre niveaux d'autonomie protéique et performances économiques et environnementales à partir du traitement de la bases INOSYS-Réseaux d'Elevage ou de la base Cap'2ER. Ainsi, les résultats issus de la base de données CAP'2ER sur plus de 9 000 fermes bovines montrent que si l'on classe les exploitations bovines selon leur niveau d'autonomie protéique (tableau 3) on observe que les fermes les plus autonomes ont des émissions de GES par unité de produit comparables mais que leur empreinte carbone nette est plus faible que la moyenne de l'échantillon, grâce notamment à un stockage de carbone plus élevé, via les prairies et le bocage associé.

La relation positive qui s'exprime entre autonomie protéique et environnement s'explique principalement par 3 leviers les plus mobilisés : économie d'intrants (concentrés, engrais), substitution des intrants importés par des produits plus locaux (concentrés) et enfin maximisation des protéines issues des fourrages et principalement des prairies grâce notamment au pâturage.

Avec un plus fort recours à la prairie, en valorisant plus et mieux son potentiel protéique, couplé à une moindre utilisation d'engrais azotés, on réduit les pertes d'azote vers l'air et l'eau et on favorise la biodiversité sur les surfaces des exploitations. Si les corrélations ne s'affichent pas clairement entre autonomie protéique et émissions de GES Brutes, les

systèmes les plus autonomes affichent des corrélations positives avec d'autres indicateurs environnementaux (pertes d'azote vers l'air et l'eau, biodiversité). (IDELE, 2022)

		Décile inférieur	Moyenne	Décile supérieur
Autonomie protéique		**47%**	**67%**	**90%**
Atelier	Emissions brutes (kg eq CO2/l)	1,03	0,98	0,98
	Stockage carbone (kg eq CO2/l)	0,06	0,13	0,31
	Empreinte nette (kg eq CO2/l)	**0,97**	**0,85**	**0,67**
Exploitation	Entretien de la biodiversité eq ha/ha SAU	1,09	1,42	1,99
	Excédent du bilan N kg N/ha SAU	141	100	48
	Pertes vers l'air kg N/ha SAU	57	44	25
	Pertes vers l'eau kg N/ha SAU	71	41	10

Tableau 3 Liens entre niveau d'autonomie protéique et performances environnementales de 5520 élevages bovins lait (Selon Cap'2ER, 2021)

CONCLUSION

Il est sans doute illusoire, dans un monde ouvert, basé sur les échanges commerciaux entre pays, et la nécessité pour chacun de vendre pour pouvoir acheter, de supprimer totalement les importations de tourteaux de soja et autres MRP. Il n'est pas sûr que cet objectif soit souhaitable. En revanche chercher à réduire nos importations en développant nos solutions internes pour sécuriser nos filières de production et notre capacité à couvrir en toutes circonstances nos besoins alimentaires ne peut être discuté.

Ce nouveau plan de relance de la souveraineté protéique, fait suite à de nombreux autres depuis les années 1970. Si la prise de conscience des enjeux est persistante au cours des décennies, les plans précédents se sont tous soldés par des échecs, ou du moins, de faibles résultats qui n'ont pas permis d'inverser notablement une situation de dépendance.

Cependant, le contexte actuel offre de nouvelles raisons pour se donner les moyens de réussir et d'espérer de meilleurs résultats. Les exigences environnementales du consommateur-citoyen sont de plus en plus structurantes sur les méthodes de production. La projection des besoins mondiaux et le poids de certains pays sur le marché des MRP peuvent être des sources d'inquiétudes et de risques sur nos capacités d'approvisionnement et la viabilité de nos filières. Enfin, l'épisode Covid qui a ralenti et parfois supprimé certains flux au point de créer des pénuries et le blocage de nos chaines de transformations, nous rappelle que la disponibilité des ressources hors de nos frontières n'est jamais totalement une certitude.

Le plan de relance de la souveraineté protéique a été prévu à échéance 2030, sur 10 ans. Il reste 8 ans pour atteindre les objectifs fixés. Avant même ce plan de relance, de nombreux travaux sur les leviers d'optimisation ont été conduits par les acteurs de la R&D. Le programme Cap Protéines a permis dans un temps très court une intensification massive des travaux, une large mobilisation de tous les acteurs, une grande quantité de production de références, connaissances, livrables ainsi qu'une communication importante. Cependant Cap Protéines qui s'achèvera au 31 décembre 2022 ne suffira pas à apporter une réponse à toutes les questions. Des travaux de recherche doivent se poursuivre. Par ailleurs, comme sur d'autres sujets, le changement des pratiques en exploitations ne sera pas spontané.

Même si nous disposons de nombreuses solutions et leviers éprouvés, un accompagnement au changement doit être mis en place sous une forme qui reste à concevoir, collective ou individuelle. Au risque d'avoir des solutions sans utilisateurs.

Brunschwig P., Devun J., Guinot C., Ballot N., Bèche J-M., Le Doaré C., 2012. L'autonomie alimentaire des troupeaux bovins en France : état des lieux et perspectives. Plaquette 6 p.

Cordier et *al*, 2020. « Analyse des flux de matières premières en alimentation animale en France », Gis Avenirs Elevage.

Delaby L., O'Donovan M., Belot P.E., Pavie J., 2014. Des prairies productives au service de l'élevage des ruminants et de leurs éleveurs, Fourrages (2014) 218, 157-166.

Demarbraix A., Chapuis D., Berchoux A., Boré R., 2022, Idele, Utilisation des graines de soja toastée dans l'alimentation des vaches laitières.

Duru M., 2016. Les légumineuses « en action » : une lecture sociotechnique des enjeux et des verrous, Fourrages 227, p223-231.

GIS Avenir Elevage, 2022. Utilisation des terres agricoles, est-ce que les animaux d'élevage concurrencent l'alimentation humaine ? 6 p.

Guillois F., et al, 2020. Projet 4AGEPROD, L'herbe récoltée : comment mieux la cultiver, la stocker et la valoriser dans les exploitations de Pays de la Loire et Bretagne ? 11 pages.

IDELE, 2022. Dossier Technique de l'Elevage n°5.

Pflimlin A. et al, 2022. L'élevage peut-il se passer de soja importé ? IDELE, collection résultats.

Pflimlin A., Rieu M., Magdelaine P., Meynard JM., Allo C., 2019. « L'élevage européen peut-il se passer du soja américain ? » note AAF.

Rouillé B. et al., 2020. Des systèmes laitiers caprins, ovins et bovins producteurs nets de protéines et consommateurs d'énergie. Journées 3R 2020.

Rouillé et al, 2016. Intérêt des légumineuses fourragères pâturées et/ou récoltées dans l'alimentation des vaches laitières en France, journées AFPF 1016.

Rouillé B., Devun J., Brunschwig P., 2014. L'autonomie alimentaire des élevages bovins français, OCL2014.

Rouillé B., Lamy J-M., Brunschwig P. 2010. Trois formes de consommation de la luzerne pour les vaches laitières. Renc. Rech. Rum., 17, p 329.

Seegers J. et al, 2020. Etat des lieux de l'autonomie alimentaire et protéique dans les ateliers d'élevage herbivores, webinaire IRD Occitanie

Terres Inovia, 2022, Rapport d'activité

Terres Univia, 2018. « Un nouveau plan protéines français ».

Tranvoiz E., Brocard V., Cloet E., 2020. **Ensilage d'herbe précoce : impact sur le rendement et les valeurs alimentaires.** Renc. Rech. Rum., 25, p 366.

Vérité R., Delaby L., 1998, Conduite alimentaire et rejets azotés chez la vache laitière. Interrelations avec les performances, Renc. Rech. Ruminants 1998, 185-192

Optim'Al v2, un outil d'optimisation alliant « économie » et « autonomie protéique » pour le calcul des rations des vaches laitières selon le système INRA 2018

CHAPOUTOT P. (1), TRAN G. (2), HEUZE V. (2), BERCHOUX A. (3), ROUILLE B. (4), SAUVANT† D. (1)

(1) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants - 22 place de l'Agronomie - CS 20040 - 91120 PALAISEAU CEDEX
(2) AFZ (Association Française de Zootechnie) - 22 place de l'Agronomie - CS 20040 - 91120 PALAISEAU CEDEX
(3) Institut de l'Élevage - Agrapole - 23 rue Jean Baldassini - 69364 LYON CEDEX 7
(4) Institut de l'Élevage - Monvoisin - BP 85225 - 35652 LE RHEU CEDEX.

RESUME

Cette étude décrit l'organisation et le fonctionnement d'Optim'Al v2, un outil d'optimisation des rations pour vaches laitières. Basé sur la programmation linéaire, Optim'Al v2 intègre les principes du nouveau système INRA 2018, dans lequel les valeurs des aliments et les besoins des animaux dépendent des caractéristiques de la ration. Différentes simulations, mettant en œuvre un processus de calculs itératifs, montrent l'intérêt de l'analyse de sensibilité des solutions optimisées qui apporte des éléments de réflexion sur la valorisation des aliments et les stratégies d'achat pour l'éleveur. Une phase de calcul post-optimisation prend en compte les lois de réponses non linéaires des animaux pour réaliser un diagnostic technico-économique basé sur la marge alimentaire permise par les rations et sur leur valeur environnementale. Par ailleurs, une valeur de dépendance protéique des aliments, associée à leur périmètre d'approvisionnement, peut servir de fonction d'optimisation à la place du prix afin d'obtenir des rations « autonomes », ou en combinant les approches « économie » et « autonomie protéique » dans une fonction multi-objectif.

Optim'Al v2, an optimization tool combining "economy" and "protein autonomy" for dairy cow ration calculation according to INRA 2018 system

CHAPOUTOT P. (1), TRAN G. (2), HEUZE V. (2), BERCHOUX A. (3), ROUILLE B. (4), SAUVANT D.† (1)

(1) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants - 22 place de l'Agronomie - CS 20040 - 91123 PALAISEAU CEDEX

SUMMARY

This study describes the organization and operation of Optim'Al v2, an optimization tool for dairy cow rations. Based on linear programming, Optim'Al v2 integrates the principles of the new INRA 2018 system, in which feed values and animal requirements depend on the ration characteristics. Different simulations, implementing an iterative calculation process, reveal the interest of a sensitivity analysis of the optimized solutions, useful to reflect on feed valorization and purchase strategies for dairy farmers. A post-optimization calculation phase takes the non-linear responses of the animals into account and allows a technical-economic diagnosis of dairy cow rations based on feed cost margin and on their environmental values. In addition, a protein-dependency value of feeds according to their supply perimeter, can be used instead of feed cost as an optimization function to obtain "autonomous" rations. Moreover, both "economy" and "protein autonomy" approaches can be combined in an optimization multi-objective function.

INTRODUCTION

L'utilisation de la programmation linéaire (PL) dans la conception des régimes pour ruminants n'est pas très courante (Lapierre, 2005, Chapoutot et al., 2018) contrairement à la formulation de mélanges pour monogastriques. L'application Optim'Al (Chapoutot et al., 2014, 2015), conçue par l'Association Française de Zootechnie (AFZ) pour le compte de l'Institut de l'Elevage (Idele), permettait de réaliser par PL une optimisation économique des rations pour vaches laitières (VL) et bovins viande selon le système INRA 2007. Les nouveautés apportées par le système INRA 2018 ne simplifient pas son adaptation à la PL : d'une part, les calculs mettent en œuvre de nombreux processus itératifs et, d'autre part, les réponses des animaux aux stratégies alimentaires ne sont pas linéaires. Par ailleurs, l'autonomie protéique des exploitations est de plus en plus cruciale afin d'accroître la souveraineté métropolitaine pour l'approvisionnement en protéines des élevages. L'objectif de cette étude est de décrire et présenter l'intérêt d'un nouvel outil d'optimisation des rations pour VL qui intègre les nouveautés du système INRA 2018 et associe les volets « économie » et « autonomie » dans la conception des régimes distribués à l'auge. Cet outil, « Optim'Al v2 », a été conçu par l'AFZ dans le cadre du Programme Cap Protéines, à partir d'un prototype proposé par Chapoutot et al. (2022), et est développé par la société Adventiel.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 ORGANISATION ET FONCTIONNEMENT DE L'OUTIL

1.1.1 Les principes de la programmation linéaire

L'optimisation économique des rations par PL doit couvrir les besoins journaliers (minimum ou maximum) des animaux (CI, UFL, PDI, Caabs, Pabs – sans tenir compte des AADI pour des raisons de simplification). Les niveaux requis (avec d'éventuelles plages de tolérance en-deçà ou au-delà des besoins) pour ces éléments i sont regroupés dans le *vecteur des contraintes* b_i. Chacun des aliments j testés dans la ration présente pour chaque critère i des caractéristiques propres de valeurs alimentaires (UEL, UFL, PDI, Caabs, Pabs, par Kg MS), qui sont recensées dans la *matrice des coefficients techniques* a_{ij}. Par ailleurs, les prix des ingrédients sont intégrés dans le *vecteur économique* c_j. Enfin, le respect de recommandations alimentaires ou de contraintes de stocks peut nécessiter des *limites min ou max*

d'incorporation des aliments j dans la ration. La formulation à moindre coût des rations pour VL revient donc à rechercher les niveaux Q_j (en kg MS/j) de chacun des ingrédients j, pour que les apports journaliers du mélange dans chaque critère i puissent satisfaire l'ensemble des besoins b_i, chacun correspondant à une inéquation linéaire à prendre en compte. La mise en œuvre de la fonction « objectif » $Z=\sum_j c_j \times Q_j$, par exemple la recherche du minimum du coût de la ration, aboutit au choix de *la solution optimale, correspondant au vecteur Q_j des aliments retenus*. La formalisation algébrique d'un problème d'optimisation à moindre coût d'une ration est donc la suivante :

- Recherche des variables Q_j (en kg MS/j), telles que :
- Contraintes alimentaires : $\forall i,\ \sum_j a_{ij} \times Q_j \leq ou\ \geq b_i$
- Limites d'incorporation : $\forall j,\ \min Q_j \leq Q_j \leq \max Q_j$
- Fonction d'optimisation : $\mathrm{Min}(\sum_j c_j \times Q_j)$

Cependant, la prise en compte de recommandations techniques peut nécessiter la mise en œuvre de variables et contraintes supplémentaires (Chapoutot et al., 2005 et 2018). Ainsi, la contrainte de proportion de concentré maximum (PCO_{max}) à respecter : $\mathrm{MSC/MST} \leq \mathrm{PCO_{max}}$, (avec MSC et MST : quantités ingérées de MS de concentrés et totale), n'est pas une relation linéaire et devra être transformée, en créant les variables auxiliaires MSC et MST au moyen d'inéquations supplémentaires :
$\sum_j Qf_j + \sum_j Qc_j - \mathrm{MST} = 0$ et $\sum_j Qc_j - \mathrm{MSC} = 0$ (avec Qf_j et Qc_j : quantités de chaque fourrage et concentré j dans la ration), puis en liant ces 2 variables par une relation linéaire : $\mathrm{MSC} - \mathrm{PCO_{max}} \times \mathrm{MST} \leq 0$. Il en est de même pour la satisfaction des contraintes de composition chimique de la ration, Balance Protéique du Rumen (BPR), Amidon, MAT, NDF… exprimées sous forme de concentrations (en g/kg MS). Par ex., la contrainte de teneur minimum en MAT de la ration, en g/kg MS, $[\mathrm{MAT}]\mathrm{ration} \geq \mathrm{MAT_{min}}$, soit $\frac{\sum_j \mathrm{MAT_j} \times Q_j}{\sum_j Q_j} \geq \mathrm{MAT_{min}}$, avec un rapport de variables n'est pas une relation linéaire non plus et devra s'écrire sous la forme suivante : $\sum_j \mathrm{MAT_j} \times Q_j - \mathrm{MAT_{min}} \times \mathrm{MST} \geq 0$.

1.1.2 Calculs itératifs des valeurs d'aliments et des besoins

Dans le nouveau système INRA 2018, les valeurs des aliments dépendent du contexte de la ration du fait des interactions digestives, selon le niveau d'ingestion (NI), la PCO et la BPR. De même, les besoins peuvent dépendre de la valeur de la ration, par ex. CI=f(UFL/PDI ration). Dans ce cas, les valeurs a_{ij} et b_i dépendent des variables Q_j, ce qui n'est pas possible en PL. Il convient alors de mettre en place un processus de calculs itératifs. Lors de l'initialisation, les valeurs a_{ij} des aliments sont pris dans les « Tables » et les besoins b_i des animaux sont calculées pour l'animal à son potentiel (pivot nutritionnel), selon leurs seules caractéristiques, sans tenir compte du contexte de la ration. Après chaque itération du processus, divers critères caractérisant la ration optimisée [NI, PCO, BPR, la valeur d'encombrement moyenne des fourrages (UELf), le taux de substitution globale (Sg)] conduisent au recalcul des valeurs des aliments et des besoins des animaux selon INRA 2018 pour l'optimisation à l'itération suivante. Le processus boucle et, à chaque optimisation n, les valeurs de ces critères sont comparées à celles de l'optimisation n-1, à travers un écart pondéré qui doit tendre vers zéro ($\pm 10^{-2}$ près). En général, la convergence est atteinte rapidement après moins d'une dizaine d'itérations.

1.1.3 Analyse de sensibilité de la ration

Après convergence, une analyse de sensibilité est faite sur la ration optimale définitive comme dans l'application Optim'AI précédente. Cette analyse duale permet (1) de décrire les plages d'invariance (PI_inv) du niveau d'incorporation des aliments inclus dans la ration selon les variations de la conjoncture économique c_j, et calculer les prix d'intérêt (PI) des aliments non retenus et (2) de calculer les coûts marginaux U_i des contraintes saturées, avec leur PI_Inv selon le niveau des b_i, ainsi que leurs contributions économiques, absolues ($\mathrm{Contr_abs_i} = U_i \times b_i$) ou relatives ($\mathrm{Contr_rel_i} = \frac{U_i \times b_i}{\sum_i U_i \times b_i}$).

1.1.4 Autonomie protéique de la ration

Les aliments peuvent être caractérisés non seulement par leurs valeurs alimentaires et économique mais aussi par une valeur d'autonomie – ou plutôt de dépendance – protéique, basée sur leur teneur en MAT. Pour cela, chaque aliment j est affecté d'un indice (Ind_ori_{jk} = 0 ou 1), pour chaque modalité k d'approvisionnement ou origine possible : tracteur = exploitation ; camion = région ; bateau = importation, de façon analogue à ce qui est proposé dans le logiciel Devautop d'Idele (2022). Il est alors possible de répartir la dépendance protéique de la ration selon chaque origine k : $\%\mathrm{dép_ori_k} = \frac{\sum_j \mathrm{MAT_j} \times Q_j \times \mathrm{Ind_ori_{jk}}}{\sum_j \mathrm{MAT_j} \times Q_j}$. De plus, si l'on grève chaque origine k d'un coefficient de pondération ($pond_k$) plus ou moins élevé comme index d'éloignement de la zone d'achat, une dépendance protéique globale peut être attribuée aux aliments j (en g MAT/kg MS) ainsi qu'à la ration (en kg MAT/j) : $\mathrm{Dép_glob_j} = \mathrm{MAT_j} \times \mathrm{Ind_ori_{jk}} \times \mathrm{pond}_k$ et $\mathrm{Dép_glob_{ration}} = \sum_j \mathrm{Dep_glob_j} \times Q_j \ / \ 1000$.
De plus, un taux de dépendance protéique globale de la ration : $\mathrm{Tx_glob_MAT_{ration}} = \frac{\mathrm{Dép_glob_{ration}}}{\sum_j \mathrm{MAT_j} \times Q_j}$ représente son degré de dépendance comme un multiple du niveau « Exploitation » pour lequel $\mathrm{Tx_glob_MAT_{ration}} = 1$.

1.1.5 Fonction d'optimisation multi-objectif

Classiquement, l'optimisation des régimes se fait sur la recherche du minimum du coût de la ration (100% « éco »). Cependant, il peut être également intéressant de concevoir une ration, au contraire, en cherchant à maximiser son autonomie protéique – ce qui revient à minimiser sa dépendance – et de choisir ce critère comme seule fonction « objectif » au lieu du coût de la ration (100% « auto »). De plus, on peut aussi souhaiter associer les 2 volets, « éco » et « auto », dans un même processus d'optimisation, pour rechercher la ration la moins coûteuse et la moins dépendante. Dans ce but, une fonction multi-objectif combine les 2 critères (coût et dépendance) par un jeu de pondérations (entre 0 et 1) dans une fonction « multi-objectif » à minimiser.

1.1.6 Réponses des animaux et marge alimentaire

Après l'optimisation définitive, les bilans théoriques UFL (BilUFLth) et PDI (BilPDIth) de la ration permettent de calculer les réponses de sécrétion (RepMP, RepLait, RepMG, RepLactose) et les réponses de taux protéique (RepTP), butyreux (RepTB), et de lactose (RepTL) selon Daniel et al., 2016 (INRA 2018) et d'en déduire la production de lait (PL) et les TP et TB attendus des animaux. Ainsi, selon la rémunération du lait (Prix de base et prix du gramme de TB et TP, en €/1000l), la production attendue et le coût de la ration, il est possible de calculer une marge sur coût alimentaire.

1.1.7 Calculs des rejets azotés

Afin de mesurer la valeur environnementale de la ration, les niveaux d'excrétion azotée des animaux d'origine fécale et urinaire sont calculés en fonction de ses caractéristiques (INRA, 2018). De plus, la ventilation entre origine digestive et métabolique des rejets azotés urinaires, selon les valeurs de BPR et de l'efficience PDI attendue (EffPDI) de la ration (Nur_BPR, Nur_InEffPDI ; INRA 2018), permet un diagnostic nutritionnel et environnemental de la ration.

1.2 CONTEXTE DE L'ETUDE

Pour cette étude, l'atelier VL avait les spécifications suivantes : 30 % primipares, stabulation libre, 650 kg, 40 mois, 22 semaines de lactation, 9 semaines de gestation, production potentielle = 26 kg de lait/j, TB et TP moyens = 42 et 33 g/kg respectivement, NEC=3 et 2,5 respectivement au vêlage et au stade).

10 aliments (Tables INRA 2018) ont été testés dans une conjoncture (grand-ouest ; été-automne 2021) avec des limites d'incorporation pour certains (**Aliment** *[code, Prix (€/T MS), min ou max (kg MS/j)]* : ***Ensilage Maïs*** [EM, 150] ; ***Ensilage d'herbe*** [EH, 220, min=3] ; ***Paille Blé*** [PAI, 100] ; ***Corn gluten feed humide*** [CGF, UEL=0,60/kg MS, prix non connu, max=4,] ; ***Maïs*** [MAI, 300] ; ***Blé*** [BLE, 225] ; ***Orge*** [ORG, 225] ; ***Pois*** [POI, 300]; ***Tourteau Colza*** [TCZ, 290] ; ***Tourteau Soja*** [TSJ, 400]; **CaCO3** [CAR, 50]; **Phosphate** [PHO, 500]).

Quelques contraintes ont été ajoutées dans ce contexte, sur le PCO_{max} ($\leq 40\%$) et sur la composition de la ration [$-50 \leq BPR \leq 100$, $MAT \geq 140$, $NDF_{fourrages}$ (NDF_f) ≥ 300, Amidon ≤ 300, en g/kg MS].

Différentes simulations ont été réalisées dans cette étude par optimisation sur le coût de la ration (100% « éco »), dans le contexte initial (1), en réduisant le prix du CGF (2) puis la contrainte PDI_{min} à 95% (3) et 90% (4) des besoins, ou sur la dépendance protéique (100% « auto ») avec un approvisionnement du pois externe (5) ou interne (6) à l'exploitation.

2. RESULTATS

2.1 OPTIMISATION ECONOMIQUE INITIALE

Dans le contexte initial, la ration (N°1) optimisée sur le plan économique coûte 4,13 €/j/VL. Sa composition (en kg MS/j) est : EM (12,5), EH (3 kg, = mini), TSJ (3,3), BLE (0,9), TCZ (0,1) et CAR (0,2). Il ressort de l'analyse duale que le PI du CGF (prix de marché non connu, testé à 9999 €/kg MS), est de 235 €/T MS. Son niveau d'incorporation bute rapidement sur son maximum dès que son prix descend en-deçà de 200 €/T MS. A l'inverse, le TSJ montre une relative stabilité d'incorporation (3-4 kg MS/j) entre 170 et 440 €/T MS (figure 1). Dans cette ration, les apports journaliers couvrent strictement les besoins des VL (CI_{max} et UFL_{min}, PDI_{min}, $Caabs_{min}$, $Pabs_{min}$; ratio PDI/UFL=106 g PDI/UF), mais aucune des contraintes de composition chimique de la ration n'est saturée. Pour les contraintes UFL_{min} et PDI_{min}, les coûts marginaux sont de 0,11 €/UFL et 0,10 €/100 g PDI, et leur PI_Inv_i est 18,3-19,1 UFL et 1786-2050 g PDI. Elles contribuent chacune pour la moitié du coût de la ration environ, les contraintes de minimum sur les minéraux et l'EH ne pesant que 4% chacune, tandis que la contrainte CI_{max} intervient négativement pour 10% (contrainte maximum avec U_i = -0.023 €/UEL).

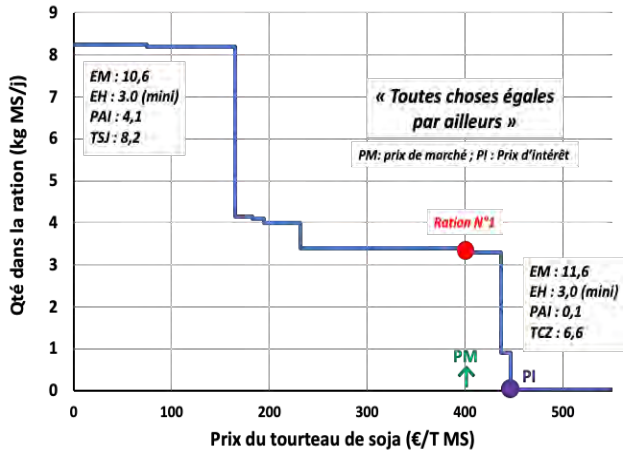


Figure 1 Variation du niveau d'incorporation du TSJ selon la conjoncture économique

ETUDE DES REPONSES ANIMALES

2.1.1 Performances de production attendues

L'utilisation maximum du CGF (4 kg MS/j à 195 €/T MS ; ration N°2 ; 3,94 €/j) réduit l'EM et le TSJ (-1,9 et -0,9 kg MS/j) et conduit à un BilUFLth = 0,4 UFL/j avec BilPDIth=0 et PDI/UFL=104 g PDI/UF. La Contr_rel PDI_{min} pèse alors 76% du coût de la ration, invitant à relâcher cette contrainte à la limite de sa PI_Inv. Ainsi, dans la ration N°3 (PDI_{min}≈95% besoins PDI ; 3,79 €/kg MS), le TSJ baisse encore (-0,4 kg MS/j), avec BilPDIth=-100 g/j, BilUFLth=0 et PDI/UFL=100 g PDI/UF. Si l'on pousse la contrainte PDI_{min} à 90% des besoins (ration N°4, 3,72 €/j), TSJ=1,3 kg MS/j et BilPDIth=-200 g/j (BilUFLth=0, ratio PDI/UFL=95 g PDI/UFL). En conséquence, les rations N°2, 3 et 4 ne couvrent plus les besoins des animaux à leur potentiel et génèrent des réponses de production, modifiant légèrement la marge alimentaire de l'atelier VL (tableau 2).

2.1.2 Rejets azotés des VL

La moindre couverture des besoins PDI et la baisse du ratio PDI/UFL des rations 3 et 4 entraine une baisse de -10 et -25% des rejets azotés d'origine urinaire (tableau 2). La baisse liée à l'origine digestive (baisse de BPR) est plus forte que celles d'origine métabolique (hausse de EffPDI), le ratio entre les 2 origines passant de 0,45 à 0,18.

2.2 AUTONOMIE PROTEIQUE DES RATIONS

L'attribution d'un périmètre « tracteur » pour EM, EH, MAI, BLE, ORG, « camion » pour CGF, POI, CAR, PHO et « bateau » pour TSJ, avec une valeur $Pond_k$=1/10/100 pour chaque origine k, permet de comparer les régimes optimisés sur leur niveau d'autonomie protéique ou sur un mix entre coût et dépendance selon le poids que l'on donne à ces 2 critères dans la fonction objectif (tableau 3). Pour la ration N°1, « 100% économie », le %dép_ori « bateau » est élevé (53%), avec un taux de dépendance vis-à-vis de l'extérieur de 54. Par contre, la ration N°5, « 100% autonomie », élimine le TSJ et favorise les protéines d'origine « Exploitation » (EH, MAI et BLE). Son %dép_ori « tracteur » augmente (76 vs 45%) et elle n'est que 3,1 fois plus dépendante qu'une ration ayant un approvisionnement exclusivement interne. De façon logique, si le POI est produit sur l'exploitation (ration N°6), il se substitue aux céréales et au CGF et la ration est alors encore plus autonome (Tx_dép=2,7). Par contre, ces rations « autonomes » sont plus coûteuses. Et, même si le produit lait est un peu accru en raison de réponses laitières positives, les marges de l'atelier lait restent plus faibles. Par ailleurs, dans le contexte N°5, dès l'introduction de 10% de dépendance dans la fonction multi-objectif, et ce jusqu'à 70%, la ration devient voisine de celle « 100% autonomie » (EM=1,7, EH=9,4, CGF=4,0, BLE=8,2, CAR=0,2 ; Coût=5,1, Dep_glob =11, Tx_dép =3,4 ; unités : voir tableau 3), puis glisse progressivement vers la ration N°5 entre 80 et 100% d'autonomie dans la fonction Z.

Tableau 2 Réponses de productions attendues et de rejets azotés prédits des vaches laitières selon les rations

Rations	N°1	N°2	N°3	N°4
PL att (kg/j)	26,0	26,2	25,4	24,8
TB att (g/kg)	42,0	41,8	42,0	42,0
TP att (g/kg)	33,0	33,1	32,9	32,8
Marge (€/VL/j)	5,40	5,50	5,45	5,30
Gain (€/an)	0	4500	1125	-2250
BPR (g/kg MS)	16	18	14	6
EffPDI (g/g)	0,67	0,67	0,69	0,71
N Fécal (g/j)	161	161	157	154
N Urinaire (g/j)	200	204	181	149
Nur_BPR (g/j)	40	47	35	15
Nur_InEffPDI (g/j)	108	104	94	82

Prix du lait (€/1000l) : base (38-32) = 350 ; gTB = 3 ; gTP = 4,5
Gain calculé pour 150 VL pendant 150 j/an

3. DISCUSSION

3.1 INTERET DE LA PL POUR LES REGIMES VL

Li et al. (2022) ont montré que la PL utilisée en processus itératifs, parmi d'autres méthodes de recherche opérationnelle, était intéressante pour la conception de régimes pour VL. Au-delà du calcul des variables primales (prix, composition et caractéristiques de la ration), l'analyse duale réalisée à l'issue d'une optimisation « éco » permet un diagnostic technico-économique poussé qui peut orienter les approvisionnements et conduire à un éventuel relâchement des contraintes à satisfaire. L'interprétation des variables duales est plus délicate dans le cadre d'une optimisation « auto ». Ainsi, le « PI » d'un aliment correspond à sa valeur de dépendance seuil en-deçà de laquelle il devient intéressant dans le régime, les PI_Inv peuvent s'interpréter comme des zones d'utilisation des aliments selon leur distance d'approche plus ou moins éloignée, tandis que les U_i représentent l'impact unitaire de chaque contrainte en termes de dépendance globale de la ration. Dans le cas d'une optimisation mixte « éco » et « auto », il est préférable que les valeurs coût et dépendance des aliments, selon les unités utilisées, soient de même ordre de grandeur pour ne pas biaiser leur pondération dans la fonction multi-objectif. Mais, la combinaison de ces 2 types de critères dans la fonction d'optimisation rend l'analyse duale beaucoup plus difficile à interpréter. Pour ces raisons, l'analyse duale n'est réalisée dans Optim'Al v2 que pour une optimisation 100% « éco ».

3.2 PRISE EN COMPTE DES REPONSES ANIMALES

Dans Optim'Al V2, le calcul de la marge alimentaire de l'atelier est réalisé en phase post-optimisation. Ce calcul intègre l'influence des apports alimentaires sur les réponses de production (PL, TB, TP) – et donc sur le produit lait – selon la nature de la ration. Cependant, la non-linéarité de ces réponses animales ne permet pas en PL d'utiliser ce critère économique comme fonction d'optimisation. Par ailleurs, l'analyse des rejets azotés conduit au diagnostic nutritionnel de la ration, et lui donne une valeur « environnementale », ce qui prend tout son sens dans le cadre du Plan Protéines français actuel.

3.3 AUTONOMIE PROTEIQUE DES RATIONS

Par souci de cohérence, la caractérisation de l'autonomie des aliments et des rations a repris les principes du programme Devautop. Ainsi, l'attribution aux aliments d'un indice « origine » permet la ventilation simple de l'autonomie de la ration selon les zones d'achat. Cet indice pourrait prendre une valeur non binaire ($0 \leq \mathrm{Ind_ori_{jk}} \leq 1$) de façon à noter par ex. un mélange fermier combinant des aliments issus de l'exploitation (céréales…) et achetés à l'extérieur (tourteaux, coproduits…). Comme le calcul de la dépendance protéique des aliments est basé sur une pondération arbitraire entre origines, la comparaison des rations sur leur autonomie protéique, absolue ou relative, n'est possible que dans un même contexte. Par ailleurs, le concept d'autonomie protéique est actuellement fondé sur le critère MAT pour des raisons de simplification et de cohérence entre logiciels. Il pourrait être plus pertinent de le baser sur la valeur PDI des aliments. La hiérarchie inter-aliment selon la dépendance PDI serait alors différente en fonction du ratio PDI/MAT, conditionné par la dégradabilité de l'azote dans le rumen des aliments.

3.4 OPTIM'AL V2 vs INRATION V5® ?

Optim'Al V2 ne vient pas en concurrence d'INRAtion V5® mais lui est complémentaire. INRAtion V5® est un outil de rationnement complet qui ne s'appuie que sur des concepts techniques. Il nécessite des choix initiaux pour simplifier les calculs (1 fourrage principal et 2 concentrés seulement…) et ne permet pas de poser des contraintes de composition chimique des rations. Cependant, l'utilisation dans INRAtion V5® d'une fonction d'optimisation technique et le choix différent des lois de réponses utilisées dans les 2 outils peut conduire à des résultats légèrement différents, ne remettant pas en cause la fiabilité des 2 logiciels.

Tableau 3 Rations des vaches laitières optimisées selon les critères « économie » ou « autonomie protéique »

Rations	N°1	N°5	N°6
Fonction d'optimisation	100% « Éco »	100% « Auto »	100% « Auto »
%dép_ori POI	Camion	Camion	Tracteur
Constitution des rations (en kg MS/j)	EM : 12,5 EH : 3,0 BLE : 0,9 TCZ : 0,1 TSJ : 3,3 CAR : 0,2	EH :11,2 CGF : 3,6 MAI : 1,7 BLE : 6,6 CAR : 0,2	EH : 10,8 CGF : 2,8 MAI : 6,7 POI : 2,3 CAR :0,2
%Dép Tracteur	45	76	87
%Dép Camion	2	24	13
%Dép Bateau	53	0	0
Dép_glob (kg MAT/j)	178	10	9
Tx_dép_MAT (kg/kg)	54	3,1	2,7
Coût (€/T MS)	4,1	5,3	5,8
Produit lait (€/j)	9,5	10,0	10,0
Marge (€/j)	5,4	4,7	4,2

Prix du CGF=235 €/T MS, juste au-dessus de son PI.

CONCLUSION

L'application « Optim'Al v2 », diffusée par Idele par le biais de formations, permettra donc, dans le système INRA 2018 actuel, de déterminer objectivement l'intérêt des aliments disponibles sur le marché, conduisant ainsi à une meilleure stratégie d'achat pour l'éleveur (achat de coproduits en cas de pénurie conjoncturelle d'aliments, par exemple). En outre, l'analyse des réponses des animaux autour de leur potentiel permet (1) de prévoir la marge sur coût alimentaire de la ration en modulant le niveau des besoins à satisfaire selon leur incidence économique et (2) de définir une valeur environnementale de la ration.
Par ailleurs, cet outil permet la conception et le diagnostic des rations sur des critères d'autonomie « protéique », mais aussi « massique », qui peut se raisonner à diverses échelles, de l'exploitation au pays.

Les auteurs remercient le projet DevProtEl N°21PFR004 qui soutient financièrement le développement de cet outil.

Chapoutot, P., Pressenda, F. 2005. INRAE Prod. Anim, 18(3), 209–228.
Chapoutot, P., Tran, G., Gillet, P., Rouillé, B., Bastien, D. 2014. Renc. Rech. Ruminants, 21
Chapoutot, P., Tran, G., Gillet, P., Rouillé, B., Bastien, D. 2015. 66th EAAP Meeting, Warsaw, Poland, 31/08 – 4/09, p. 269.
Chapoutot, P., Sauvant, D., Le Cadre, P., Guilbaud, T. 2018. In: V. Berthelot (Ed), Alimentation des animaux et qualité de leurs produits, 2018. Edition Lavoisier, Tec et Doc, collection Agriculture d'Aujourd'hui, Paris, 29-62.
Chapoutot, P., Tran, G., Heuzé, V., Sauvant, D. 2022. 73rd EAAP Meeting, Porto, Portugal, 5 – 9 september.
Daniel, J.B., Friggens, N.C., Chapoutot, P., Van Laar, H., Sauvant, D., 2016. Animal, 10, 1975-1985.
Devautop. 2022. https://idele.fr/detail-article/devautop. Dernière consultation 13 juillet 2022
Inra, 2018. Alimentation des ruminants, Éditions Quæ, Versailles, France, 728 p.
Lapierre O., 2005. Oléagineux, Corps gras, Lipides. 12 (3), 217-223.
Li, J., Kebreab, E., You, F., Fadel, J. G., Hansen, T. L., VanKerkhove, C., Reed K. F. 2022. J. Dairy Sci. 105:2180–2189.

Les échanges mondiaux, européens et français d'oléagineux

CHATELLIER V. (1)
(1) INRAE, UMR SMART, 44300 Nantes

RESUME - Cette communication présente l'évolution, sur une vingtaine d'années (depuis 2000), des échanges mondiaux, européens et français d'oléagineux. Les informations statistiques utilisées sont issues de trois bases de données complémentaires, à savoir BACI pour les échanges internationaux, Comext pour ceux de l'Union européenne (UE-27) et les douanes françaises pour ceux de la France. Les échanges mondiaux d'oléagineux représentent un montant de 161 milliards d'euros en 2020 (hors commerce intra-UE), soit près de 15% du commerce international des produits agroalimentaires. Ceux-ci sont dominés par le soja (51% du total en valeur), sous ses différentes formes (graines, tourteaux et huile), devant l'huile de palme (17%), le tournesol (8%) et le colza (8%). En 2020, les trois premiers exportateurs d'oléagineux sont le Brésil (19% des exportations mondiales en valeur), les Etats-Unis (18%) et l'Indonésie (11%). Si les deux premiers pays exportent exclusivement du soja, le troisième est spécialisé en huile de palme. La Chine est devenue le premier importateur mondial d'oléagineux (28% du total en 2020) devant l'UE-27 (15%), dont le déficit pour ces produits (-21,3 milliards d'euros en 2021) est parfois mis en relation avec son fort excédent en productions animales (47,5 milliards d'euros). La France est également déficitaire en oléagineux (-1,83 milliard d'euros en 2021), en raison surtout de ses achats de tourteaux de soja sur le continent américain ; ces derniers, qui font l'objet de controverses en raison de la déforestation induite en Amazonie, ont cependant baissé de 31% en volume entre 2000 et 2021.

World, European and French trade in oilseeds

CHATELLIER V. (1)
(1) INRAE, UMR SMART, 44300 Nantes

SUMMARY - This paper focuses on the evolution of world, European and French oilseed trade over the last twenty years (since 2000). The statistical information used comes from three complementary databases, namely BACI for international trade, Comext for European Union (EU-27) trade and French Customs for French trade. World trade in oilseeds amount to 161 billion euros in 2020 (excluding intra-EU trade), or nearly 15% of international trade in agri-food products. These are dominated by soya (51% of the total in value), in its various forms (soya beans, soya meal, soya oil), ahead of palm oil (17%), sunflower (8%) and rapeseed (8%). In 2020, the top three oilseed exporters are Brazil (19% of world exports in value), the United States (18%) and Indonesia (11%). While the first two countries export exclusively soya, the third is specialized in palm oil. China has become the world's largest importer of oilseeds (28% of the total in 2020), ahead of the EU-27 (15%), whose deficit for these products (-21.3 billion euros in 2021) is sometimes linked to its large surplus in animal production (47.5 billion euros). France also has a deficit in oilseeds (-1.83 billion euros in 2021), mainly due to its purchases of soya meal from the American continent; the latter, which is the subject of controversy because of the deforestation induced in the Amazon, has however decreased by 31% in volume between 2000 and 2021.

INTRODUCTION

Le marché international des oléagineux affiche, depuis de nombreuses années, une croissance soutenue, en raison de l'essor la population mondiale et des modifications survenues dans les habitudes de consommation, lesquelles se caractérisent, du moins dans de nombreux pays, par une hausse de la demande en huiles végétales et en protéines animales. Le développement des utilisations industrielles (biocarburant) contribue également à cette dynamique (OCDE-FAO, 2022 (Mittaine et Mielke, 2012). Cette dernière est d'autant plus vive que les producteurs de graines oléagineuses sont concentrés géographiquement, avec un rôle important joué par le Brésil et les Etats-Unis, et que la demande s'envole en Chine. Au sein de l'Union européenne (UE-27) et en France, la question de la forte dépendance aux importations d'oléagineux a été fréquemment abordée au cours des dernières décennies (Dronne, 2018a), mais aussi de manière récente dans le cadre des réflexions engagées au titre de la Politique agricole commune (PAC) post 2023 et des ambitions du Pacte vert. En 2022, la flambée des prix internationaux (FAO, 2022a) et la guerre déclarée par la Russie à l'Ukraine, qui a limité la disponibilité de certains oléagineux sur le marché mondial (dont l'huile de tournesol ; FAO, 2022b), renforcent l'intérêt de proposer une analyse centrée sur l'évolution commerce des oléagineux.

Cette communication propose de dresser un diagnostic, sur longue période (les vingt dernières années), de l'évolution des échanges d'oléagineux aux échelles mondiale (à partir des données de BACI), européenne (à partir des données de Comext) et française (à partir des données des douanes). Le spectre couvert par le terme « oléagineux » est ici large, en ce sens qu'il intègre les différentes cultures suivantes : le soja, le colza, le tournesol, l'huile de palme, le palmiste, l'huile d'olive, l'arachide, le coprah, le lin, le coton et quelques autres oléagineux. Pour ces cultures, des déclinaisons sont réalisées de façon à identifier trois composantes complémentaires, à savoir les graines, les tourteaux et les huiles. L'analyse considère, d'une part, les valeurs échangées (exprimées en euros courants sur la période) et, d'autre part, les volumes échangés (exprimés en tonnes).

Cette communication est structurée en trois parties. La première porte sur les échanges mondiaux (calculés hors commerce intra-UE) d'oléagineux, en identifiant les produits impliqués et les principaux pays concernés par ces flux, tant à l'import qu'à l'export. La deuxième se focalise sur les échanges de l'UE-27, en mettant l'accent surtout sur l'évolution des importations (types de produits importés ; poids relatif des différents fournisseurs). La troisième souligne l'évolution de la dépendance de la France aux importations d'oléagineux, tout en rappelant la dynamique productive dans ce secteur.

1. LE COMMERCE MONDIAL DES OLEAGINEUX

A l'échelle mondiale, les principaux oléagineux cultivés sont le soja, le colza, le tournesol, le palme, l'arachide, etc. Les fruits et/ou les graines issus de ces cultures sont valorisés, d'une part, sous forme d'huiles pour l'alimentation humaine, l'oléochimie ou la production de biocarburant et, d'autre part, sous la forme de tourteaux riches en protéines pour l'alimentation animale. Le marché des oléagineux doit donc être appréhendé en considérant simultanément les graines,

les tourteaux et les huiles. La production mondiale de graines oléagineuses devrait s'établir à 647 millions de tonnes en 2022-23, soit une hausse de 11 % en cinq ans (USDA, 2022). Elle devrait résulter pour 23 % du Brésil, 21 % des Etats-Unis, 10% de la Chine, 9 % de l'Argentine, 6 % de l'Inde et 29 % d'autres pays. Avec une production estimée à 395 millions de tonnes de graines, soit 61 % du total, le soja devrait arriver très loin devant les autres cultures, dont le colza (80 millions de tonnes), l'arachide (51 millions de tonnes) ou le tournesol (50 millions de tonnes). Concernant les huiles végétales, dont la production est estimée à 217 millions de tonnes en 2022-23, l'huile de palme devrait arriver en tête (36 % du total), devant le soja (28 %), le colza (14 %), le tournesol (9 %) et les autres huiles (arachide, palmiste, coton, coco, olive, etc.). Les principaux pays producteurs d'huiles végétales devraient être l'Indonésie (24 %), la Chine (13 %), la Malaisie (10 %), l'UE (9 %), les Etats-Unis (6 %), le Brésil (5 %) et l'Argentine (4 %). Au niveau des tourteaux, le soja devrait également avoir une place prépondérante, avec près de 70 % des volumes mondiaux. La production mondiale de tourteaux, estimée à 362 millions de tonnes en 2022-23, devrait être principalement le fait de la Chine (26 %), des Etats-Unis (14 %), du Brésil (11 %), de l'Argentine (9 %) et de l'UE (8 %). Dans le secteur des oléagineux, le poids des exportations dans la production mondiale est traditionnellement plus élevé que dans nombreuses autres productions agricoles (exemple : 8 % en produits laitiers et 12 % en viande bovine). En 2022-23, elle devrait en effet atteindre 30 % pour les graines (43 % pour le soja), 25 % pour les tourteaux (27 % pour le soja) et 39 % pour les huiles (63 % pour l'huile de palme, 47 % pour l'huile de tournesol et 19 % pour l'huile de soja). Selon nos estimations basées sur un traitement de BACI, les échanges mondiaux (hors commerce intra-UE) d'oléagineux (graines, huiles et tourteaux confondus) se sont élevés à 161 milliards d'euros en 2020, soit l'équivalent de 15 % des exportations agroalimentaires totales. Ainsi, les oléagineux occupent le premier poste des produits échangés, devant les céréales et produits de la minoterie (113 milliards d'euros), les poissons (104 milliards d'euros), les fruits (89 milliards d'euros) et les boissons (68 milliards d'euros).

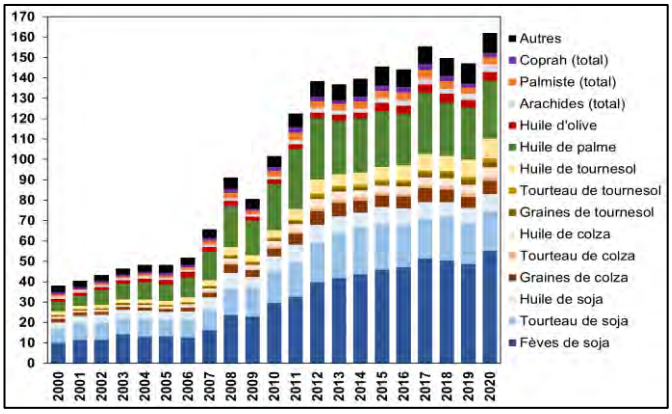


Figure 1. Les exportations mondiales (hors intra-UE) d'oléagineux (Milliards d'euros courants, 2000 à 2020)

Sources : BACI / Traitement INRAE, SMART

Les échanges mondiaux d'oléagineux ont fortement augmenté au fil des vingt dernières années : en monnaie courante, ils s'élevaient à 38 milliards d'euros en 2000 et 101 milliards d'euros en 2010 (Figure 1). Exprimés en valeur, les échanges mondiaux d'oléagineux sont dominés par la culture du soja (51,3 % du total de 2020). Les échanges de soja (83 milliards d'euros en 2020) sont d'abord le fait de graines (55 milliards d'euros), puis de tourteaux (19 milliards d'euros) et enfin d'huiles (9 milliards d'euros). Avec 17,6 % du total des exportations d'oléagineux, l'huile de palme occupe le second rang, devant le tournesol (8,7 %), le colza (8,1 %), l'huile d'olive (2,6 %), l'arachide (2,5 %), le palmiste (2,1 %), le coprah (1,2 %) et les autres catégories d'oléagineux (5,9 %).

En 2020, les dix premiers pays exportateurs contribuent pour 85% aux échanges mondiaux d'oléagineux (Figure 2). Il s'agit donc d'un marché concentré où quelques pays jouent un rôle essentiel. Avec 19,6 % des exportations mondiales, le Brésil occupe le premier rang, avec une spécialisation exclusive en soja (culture qui représente 98 % des oléagineux exportés). Ce pays assure ainsi 37,3 % des exportations mondiales (en valeur) de soja, devant les Etats-Unis (32,3 %) et l'Argentine (14,8 %). Ainsi, ces trois pays du continent américain couvrent, ensemble, près de 85 % des exportations de soja, dont les flux ont quadruplé en vingt ans (en monnaie courante) sous la pression principalement des importations chinoises. Grâce en partie à la déforestation qui ne manque pas de susciter des réflexions et critiques, y compris dans l'UE et en France (Carneiro Fihlo *et al.*, 2020 ; Angerand et Patentreger, 2020), le poids du Brésil s'est renforcé au fil du temps. Le Brésil était positionné au second rang en 2000 avec 23,7 % des exportations mondiales de soja contre 37,2 % pour les Etats-Unis. En 2020, les exportations brésiliennes de soja sont destinées pour 59 % à la Chine et pour 16% à l'UE-27. Les Etats-Unis occupent la deuxième place mondiale en exportations d'oléagineux (17,8 %), avec là aussi, une place centrale du soja (93 % des oléagineux exportés). Ce taux est également élevé en Argentine (88%), pays classé au quatrième rang mondial (avec 8,6 % du total).

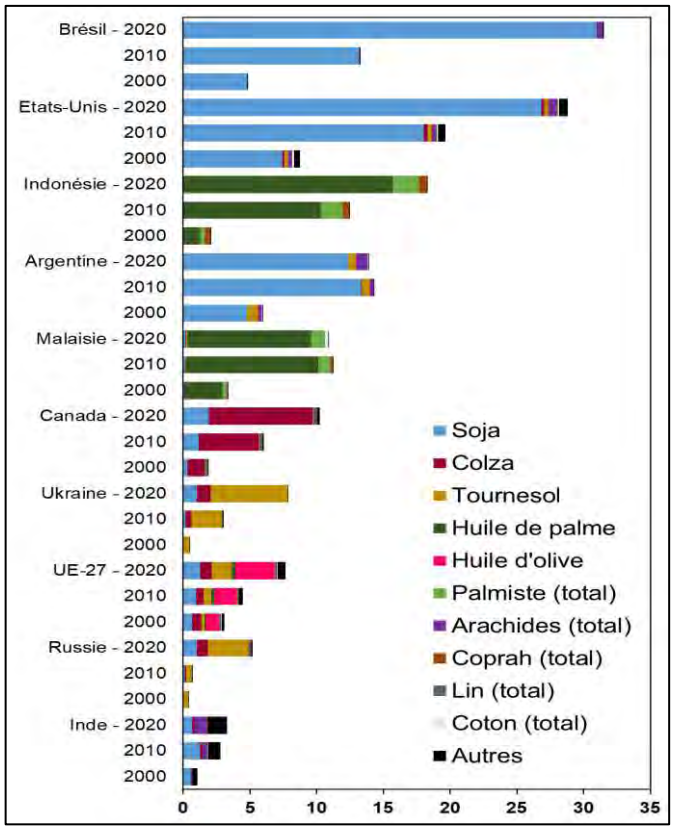


Figure 2. Les 10 principaux exportateurs mondiaux d'oléagineux (Milliards d'euros courants, 2000, 2010 et 2020)

Sources : BACI / Traitement INRAE, SMART

Avec des exportations qui concernent essentiellement de l'huile de palme (et palmiste), l'Indonésie et la Malaisie occupent le troisième et le cinquième rang mondial des exportateurs d'oléagineux (respectivement 11,3 % et 6,7 % du total). Sur le spectre plus réduit de l'huile de palme, le poids de ces deux pays dans les échanges mondiaux est substantiel : 55 % pour l'Indonésie et 33 % pour la Malaisie. Les trois premiers clients de l'Indonésie pour ce produit sont l'Inde (17 %), la Chine (14 %) et l'UE-27 (13 %). Avec 6,3 % des exportations mondiales d'oléagineux, le Canada arrive en sixième position, avec une forte spécialisation pour la culture du colza (76 % des oléagineux exportés). La Canada assure, à lui seul, près de 60 % des exportations mondiales de colza, loin devant l'Ukraine (8 %), pays placé au septième rang des

exportateurs d'oléagineux (4,9 %). Comme cela a été largement souligné suite à la guerre déclenchée par la Russie en février 2022, l'Ukraine se caractérise par une très forte contribution au marché mondial du tournesol (41 %), devant la Russie (21 %), pays où le blé domine largement les productions végétales (avec 15 % de la production mondiale). La contribution de l'UE-27 aux exportations mondiales d'oléagineux est faible (4,7 %) et tient pour une large part au tournesol et surtout à l'huile d'olive, produit des pays du sud pour lequel elle assure 69 % du marché mondial.

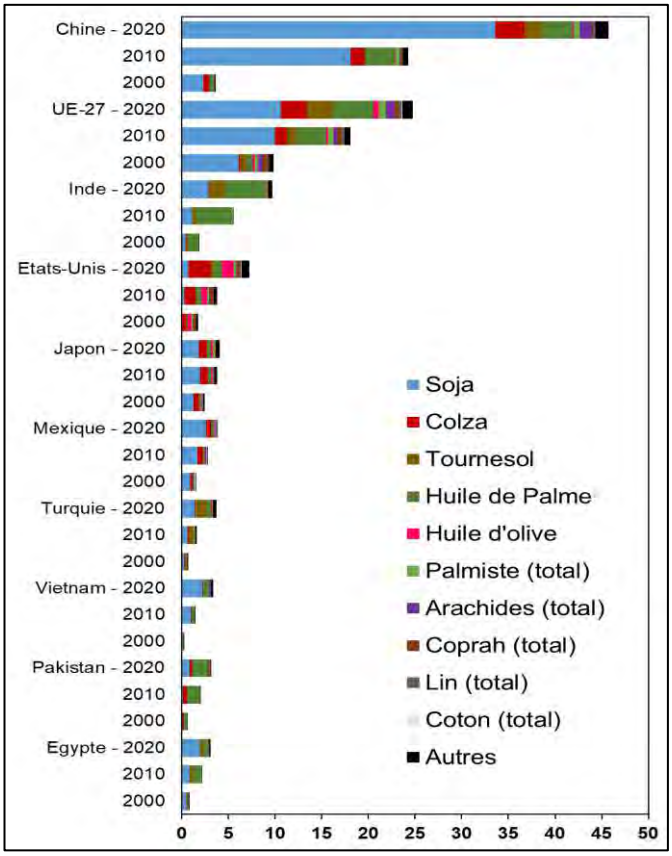


Figure 3. Les 10 principaux importateurs mondiaux d'oléagineux (Milliards d'euros courants, 2000, 2010 et 2020)

Sources : BACI / Traitement INRAE, SMART

Au niveau des importations mondiales d'oléagineux, les deux tiers des achats sont issus de seulement dix pays (Figure 3). Avec 28,2 %, la Chine est de loin le premier importateur d'oléagineux devant l'UE-27 (15,3 %), l'Inde (6,3 %), les Etats-Unis (4,5 %) et le Japon (2,5 %). Les pays qui arrivent ensuite dans la hiérarchie sont le Mexique, la Turquie, le Vietnam, le Pakistan et l'Egypte. La structure des achats diffère selon les pays avec, par exemple, un poids plus élevé du colza dans les importations d'oléagineux aux Etats-Unis, de l'huile de palme en Inde et au Pakistan ou du soja en Chine. La hausse des importations de la Chine en soja entre 2000 et 2020 (+31,2 milliards d'euros en monnaie courante) a été sept fois plus importante que celle de l'UE-27.

2. LES ECHANGES DE L'UE-27 EN OLEAGINEUX

La dépendance de l'UE-27 en matières riches en protéines et en oléagineux n'est pas nouvelle (CE, 2018 ; CE, 2021). Elle s'inscrit dans une longue histoire caractérisée notamment par un développement soutenu des productions animales (qui a stimulé les importations de soja), par la possibilité offerte aux pays exportateurs d'oléagineux d'accéder sans taxe au marché communautaire et par des besoins internes accrus en huiles végétales (dont en huile de palme). En 2021, le déficit de l'UE-27 en oléagineux atteint 21,3 milliards d'euros, dont 10,2 milliards d'euros au titre des graines oléagineuses, 7 milliards d'euros au titre des tourteaux et 4,1 milliards d'euros au titre des huiles. A l'exception de l'huile d'olive (+2,7 milliards d'euros), l'UE-27 est déficitaire pour les différentes cultures identifiées dans l'analyse (Tableau 1). Le soja présente le plus lourd déficit (-12,3 milliards d'euros en 2021) devant l'huile de palme (-4,9 milliards d'euros), le colza (-2,1 milliards d'euros) et le tournesol (-1,3 milliard d'euros). L'UE est également légèrement déficitaire pour les autres oléagineux tels que l'arachide, le coprah et le lin. Si le déficit de l'UE en oléagineux et en soja s'est détérioré en monnaie courante entre 2010 et 2021, ce n'est pas le cas pour le solde exprimé en volume de tourteau de soja.

	Millions d'euros			Milliers de tonnes		
	2000-09	2010-20	2021	2000-09	2010-20	2021
Soja	-7 527	-10 229	-12 289	--	--	--
- Fèves	-3 542	-4 777	-6 514	-14 488	-12 905	-14 396
- Tourteau	-4 113	-5 841	-6 366	-18 892	-16 801	-15 776
- Huile	128	389	591	275	516	587
Colza	-152	-1 419	-2 112	--	--	--
- Graines	-126	-1 484	-2 310	-347	-3 772	-4 580
- Tourteau	1	27	39	0	118	125
- Huile	-26	38	158	-13	-17	226
Tournesol	-583	-903	-1 324	--	--	--
- Graines	-169	72	209	-371	80	157
- Tourteau	-162	-507	-429	-1 343	-2 566	-1 617
- Huile	-252	-468	-1 104	-495	-733	-1 041
Huile de palme	-1 385	-3 817	-4 954	-3 172	-5 985	-5 714
Huile d'olive	907	2 067	2 698	257	548	699
Palmiste	-438	-765	-990	--	--	--
Arachide	-459	-760	-877	--	--	--
Coprah	-387	-554	-711	--	--	--
Lin	-137	-219	-371	--	--	--
Coton	-37	4	21	--	--	--
Autres	-212	-423	-442	--	--	--
Total oléagineux	-10 409	-17 017	-21 351	--	--	--
- Graines	-4 542	-7 439	-10 176	-16 524	-17 992	-20 305
- Huiles	-1 397	-3 046	-4 175	-4 569	-7 044	-6 635
- Tourteaux	-4 471	-6 532	-7 000	-22 436	-21 091	-18 744

Tableau 1. Le solde commercial de l'UE-27 en oléagineux en moyenne annuelle 2000-2009, 2010-2020 et 2021 (Millions d'euros courants et milliers de tonnes)Sources : Comext / Traitement INRAE, SMART

(--) Données non renseignées car cumulant plusieurs produits distincts

Les cinq premiers fournisseurs de l'UE-27 en oléagineux à savoir le Brésil, l'Ukraine, l'Argentine, l'Indonésie et les Etats-Unis (Figure 4), contribuent pour 62 % au total des importations européennes (30,2 milliards d'euros en 2021).

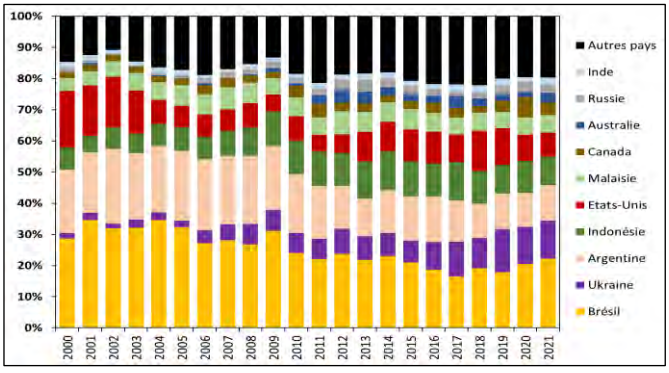


Figure 4. Le poids des pays dans les importations de l'UE-27 en oléagineux entre 2000 et 2021 (% de la valeur)

Sources : COMEXT / Traitement INRAE, SMART

Les pays fournisseurs de l'UE-27 en oléagineux varient selon les types de produits (Figure 5). Ainsi, par exemple, les importations européennes de tourteau de soja (6,7 milliards d'euros en 2021) proviennent à 42 % du Brésil et 39 % de l'Argentine. Si le Brésil occupe toujours la première place des fournisseurs européens en fèves de soja (57 % des 6,6 milliards d'euros d'importations), les Etats-Unis arrivent cette fois en deuxième position (29 %). Concernant l'huile de palme, dont les importations européennes atteignent 5,3 milliards d'euros en 2021, les achats se font principalement en Indonésie (44 %) et en Malaisie (25 %). Les importations européennes de graines de colza (2,6 milliards d'euros) proviennent surtout de l'Ukraine (38 %), de l'Australie (36 %) et du Canada (21 %). L'Ukraine joue, par ailleurs, un rôle déterminant dans les approvisionnements de l'UE-27 en huile

de tournesol (87 % des 1,9 milliard d'euros). Compte tenu de cette forte dépendance, la guerre en Ukraine a entraîné des ruptures d'approvisionnement sur le marché européen et, *de facto*, une flambée inédite des prix. Ce pays occupe de plus une place non négligeable dans les achats de l'UE-27 en tourteau de tournesol (45%), en huile de soja (36%) et en huile de colza (29%), même si ces trois produits portent sur des montants plus faibles d'importations.

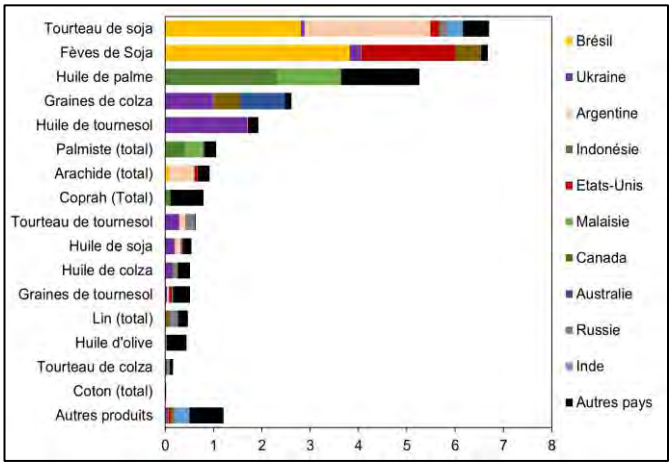


Figure 5. Les importations de l'UE-27 en oléagineux en 2021 selon les produits et les pays (Milliards d'euros)

Sources : COMEXT / Traitement INRAE, SMART

Le déficit européen en oléagineux ne doit cependant pas masquer les dynamiques productives internes à ce secteur. Dans l'UE-27, les cultures d'oléagineux se déploient sur 10,7 millions d'hectares en 2021, soit 6,6% de la superficie agricole. La production européenne de graines oléagineuses s'élève à 30,1 millions de tonnes en 2021, dont 19% en France, 15% en Roumanie, 12% en Allemagne et 11% en Pologne. Elle a augmenté de 3,4 millions de tonnes depuis 2010, après une hausse plus importante sur la décennie qui avait précédé (+9,6 millions de tonnes entre 2000 et 2010). Avec une superficie de 5,3 millions d'hectares et une production de 16,9 millions de tonnes en 2021 (dont 22% en Allemagne, 19% en France et en Pologne), le colza occupe le premier rang européen des cultures oléagineuses. Cette production permet notamment de satisfaire la demande en biodiesel (directive sur les énergies renouvelables), son sous-produit (le tourteau de colza) constituant une source importante d'aliments riches en protéines pour les animaux. Avec 4,3 millions d'hectares et 10,3 millions de tonnes (dont 27% en Roumanie, 19% en Bulgarie et 18% en France), le tournesol arrive au deuxième rang. La production a augmenté d'environ un tiers entre 2010 et 2021. Avec 940 000 hectares et une production de fèves de 2,6 millions de tonnes en 2021 (dont 33% en Italie, 17% en France et 13% en Roumanie), le soja occupe le troisième rang. Si la production de fèves de soja a doublé depuis 2010, le déficit demeure substantiel (-14,4 millions de tonnes) ; il est donc difficile d'imaginer, du moins à court terme, une baisse intense des importations, sauf à considérer une forte modification des pratiques (Pflimlin *et al.*, 2021).

3. LES ECHANGES DE LA FRANCE EN OLEAGINEUX

Les importations de la France en oléagineux s'élèvent à 4,8 milliards d'euros en 2021, soit 7,9% du total des importations agroalimentaires. Ces importations sont composées pour 25% de tourteau de soja ; 18% de graines de colza, 10% d'huile d'olive ; 7% d'huile de tournesol, 6% d'huile de palme, 5% de fèves de soja, 5% d'huile de colza, 4% de tourteau de tournesol, 4% de graines de tournesol, 1% d'huile de soja et 14% d'autres oléagineux. Cette structuration a évolué au fil du temps, avec un recul du poids du tourteau de soja dans les importations totales d'oléagineux (de 47% en 2000, à 33% en 2010, puis 25% en 2021). Les graines de colza et de tournesol et l'huile d'olive ont, en revanche, progressé (Figure 6). Entre 2010 et 2020, les importations d'oléagineux, exprimées en euros courants, ont globalement peu varié, avant de repartir à la hausse en 2021, mais uniquement sous l'effet de la hausse des prix unitaires (estimée à +25% par rapport à 2020).

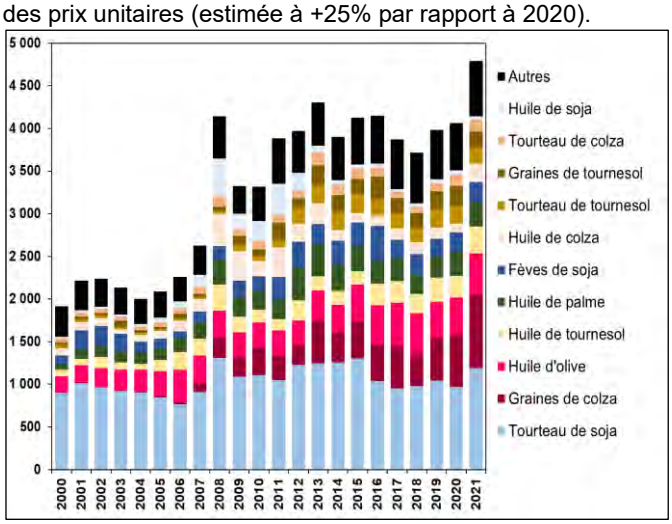


Figure 6. Les importations de la France en oléagineux entre 2000 et 2021 (millions d'euros courants)

Sources : Douanes Françaises / Traitement INRAE, SMART

Exprimées en volume, les importations françaises de tourteau de soja, qui proviennent pour près de la moitié du Brésil, ont baissé d'un tiers en vingt ans, passant de 4,2 millions de tonnes en 2000 à 2,9 millions de tonnes en 2021. Cette baisse doit être mise en relation, d'une part, avec la réduction du cheptel français de bovins, de porcs et de volailles (FranceAgriMer, 2022a) et, d'autre part, avec le développement de la production de colza, dont les tourteaux sont utilisés en alimentation animale (FranceAgriMer, 2021). Les importations de la France en graines de colza, qui étaient pratiquement nulles en 2000, ont nettement augmenté pour atteindre 1,74 million de tonnes en 2021, leur plus haut niveau. Cette hausse, qui traduit les besoins de la filière en termes de trituration, s'explique une baisse récente de la récolte française. En 2021, les importations de graines de colza proviennent pour 43% du Canada, 21% de l'Australie et 14% de l'Ukraine. Dans le domaine des huiles végétales, les volumes importés d'huile de colza sont assez variables d'une année à l'autre, avec une moyenne proche de 200 000 tonnes sur la période 2000-2021 (200 800 tonnes en 2021). Comme cela a été mis en avant avec la pénurie observée dès le second trimestre 2022, les importations françaises d'huile de tournesol (262 300 tonnes en 2021) proviennent à 47% de l'Ukraine. Elles varient également d'une année à l'autre, la moyenne annuelle des importations sur vingt ans étant de 225 000 tonnes. Les importations françaises ont augmenté de 22% en volume pour l'huile d'olive entre 2010 et 2021, pour atteindre 137 900 tonnes (64% issues de l'Espagne et 21% de l'Italie). Pour l'huile de palme, les importations atteignent 288 900 tonnes en 2021, soit un peu moins que la moyenne annuelle sur deux décennies (330 900 tonnes). Les exportations françaises d'oléagineux s'élèvent à 2,95 milliards d'euros en 2021, soit 4,3 % du total des exportations agroalimentaires. Les principaux pays clients sont la Belgique (23 % des exportations), l'Allemagne (19 %), l'Espagne (13 %) et les Pays-Bas (9 %). Comme dans le cas des importations, la hausse observée en 2021 par rapport à 2020 (Figure 7) est d'abord imputable à l'augmentation des prix sur le marché international. Les produits exportés sont, par ordre décroissant les graines de colza (29%), l'huile de colza (20%), l'huile de tournesol (15%) et les graines de tournesol (14%).

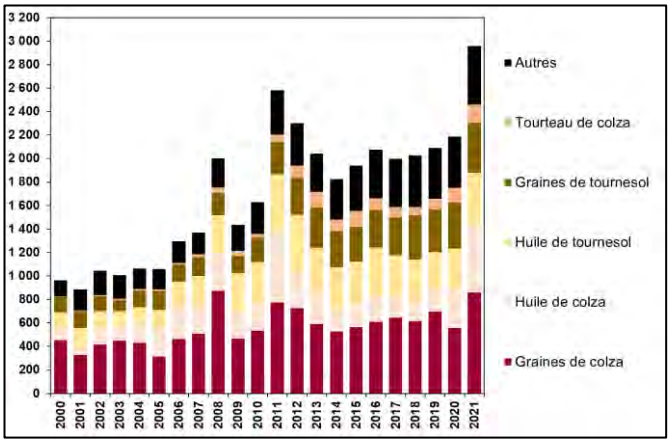


Figure 7. Les exportations de la France en oléagineux entre 2000 et 2021 (Millions d'euros courants)
Sources : Douanes Françaises / Traitement INRAE, SMART

Au final, la balance commerciale de la France en oléagineux est de -1,83 milliard d'euros en 2021, un niveau voisin de la moyenne calculée sur la décennie 2010-2020 (Tableau 2). Le déficit est plus intense pour les tourteaux (-1,37 milliard d'euros) que pour les graines (-399 millions d'euros) et les huiles (-55 millions d'euros). Le solde commercial est négatif en soja (-1,29 milliard d'euros), en huile d'olive (-421 millions d'euros) et en huile de palme (-278 millions d'euros), mais positif en colza (+379 millions d'euros) et en tournesol (+181 millions d'euros). Pour la culture du colza, la France est excédentaire en huile, mais déficitaire en graines. Pour la culture du tournesol, la France est excédentaire en graines et en huiles, mais déficitaire en tourteau.

	Millions d'euros			Milliers de tonnes		
	2000-09	2010-20	2021	2000-09	2010-20	2021
Soja	-1 166	-1 358	-1 298	--	--	--
- Fèves	-152	-220	-170	-597	-591	-381
- Tourteau	-937	-1 075	-1 173	-4 242	-3 082	-2 883
- Huile	-78	-63	45	-110	-79	34
Colza	405	293	379	--	--	--
- Graines	408	211	-2	1 517	426	-459
- Tourteau	-43	-9	18	-299	-52	-1
- Huile	40	92	363	105	121	297
Tournesol	125	156	181	--	--	--
- Graines	96	132	239	300	102	260
- Tourteau	-22	-154	-178	-174	-702	-650
- Huile	51	178	120	51	169	107
Huile de palme	-152	-278	-278	-278	-377	-280
Huile d'olive	-252	-348	-421	-97	-111	-127
Palmiste	-26	-25	-15	--	--	--
Arachide	-63	-61	-68	--	--	--
Coprah	-33	-53	-72	--	--	--
Lin	-37	-46	-48	--	--	--
Coton	-4	-2	2	--	--	--
Autres	-79	-149	-196	--	--	--
Total oléagineux	-1 282	-1 872	-1 834	--	--	--
- Graines	303	28	-55	1 154	-151	-679
- Huiles	-527	-605	-399	-504	-427	-132
- Tourteaux	-1 058	-1 295	-1 379	-5 056	-4 071	-3 688

Tableau 2. Le solde commercial de la France en oléagineux en moyenne annuelle 2000-2009, 2010-2020 et 2021 (Millions d'euros courants et milliers de tonnes)Sources : Douanes Françaises / Traitement INRAE, SMART
(--) Données non renseignées car cumulant plusieurs produits distincts

Le déficit de la France en oléagineux intervient dans un contexte productif marqué par un repli récent de l'offre de colza. En 2021-2022, les surfaces en oléagineux s'étendent sur 1,83 million d'hectares, soit 6,4% de la surface agricole française. La culture du colza (982 000 hectares) devance celle de tournesol (697 900 hectares) et de soja (154 700 hectares). La production nationale de graines oléagineuses, qui s'élève à 5,6 millions de tonnes (FranceAgriMer, 2022b)., regroupe 58% de colza, 34% de tournesol et 8% de soja. La production française de colza est passée de 3,47 millions de tonnes en 2000, à 4,81 millions de tonnes en 2010 et 3,28 millions de tonnes en 2021, son plus bas niveau depuis vingt ans (elle devrait rebondir à 3,9 millions de tonnes en 2022). La production de tournesol, dont les rendements varient de manière assez importante d'une année à l'autre, représente 1,91 million de tonnes en 2021, un niveau supérieur de 730 000 tonnes à 2016, la moins bonne récolte depuis plus de vingt ans. De son côté, la production de soja est de 450 000 tonnes, un niveau bien inférieur aux utilisations intérieures.

CONCLUSION

En valorisant les données statistiques sur vingt ans de trois bases de données (BACI, Comext et Douanes françaises), cette communication souligne les principales tendances à l'œuvre dans le commerce international, européen et français des oléagineux. La forte concentration géographique de l'offre, notamment sur le continent américain, et le développement rapide de la demande dans les pays asiatiques, dont en Chine, sont les principaux moteurs de ce marché, plus dépendant des échanges que celui d'autres produits agricoles. Si le déficit en oléagineux de l'UE-27 est clairement structurel (-21,3 milliards d'euros en 2021) et tient pour partie au développement des productions animales, dont le solde commercial est nettement supérieur à cette même date (+47,5 milliards d'euros), les dernières années montrent que celui-ci ne se creuse plus, au moins en volume (l'augmentation des prix internationaux ayant un impact sur les soldes exprimés en valeur). En dépit des politiques publiques déployées pour stimuler la production d'oléo-protéagineux (développement des biocarburants, aides couplées, etc.), de la baisse des effectifs d'animaux et des alternatives techniques envisagées pour nourrir autrement les animaux, la France demeure toujours lourdement déficitaire en oléagineux.

Mes remerciements à Cécile Le Roy (UMR SMART) pour son appui efficace dans le traitement des données des douanes.

Angerand S., Patentreger B., 2020. Mettre fin aux importations de soja issu de la conversion d'écosystèmes naturels d'Amérique du Sud. Rapport, 44p. [PDF].

Carneiro Filho A., Bombo M., Amiel F., Laurans Y., 2020. Déforestation associée à l'importation de soja sur les marchés français et européens. Rapport, 85 p. [PDF].

Commission européenne (CE), 2018. Le développement des protéines végétales dans l'UE, rapport, 19 p. [PDF]

Commission européenne (CE), 2021. EU agricultural outlook for markets, income and environment 2021-2031, 83 p. [PDF]

Dronne Y., 2018. INRA Prod. Animales, vol 31 (3), 181-200. [PDF]

FAO, 2022a. Food outlook. Report, 174 p. [PDF]

FAO, 2022b. The importance of Ukraine and the Russian Federation for global agricultural markets. Report, 46 p. [PDF]

FranceAgriMer, 2021. Compétitivité de la filière française oléoprotéagineux. Rapport, 133-189 [PDF].

FranceAgriMer, 2022a. Le marché des produits laitiers, carnés et avicoles : bilan 2021, perspectives 2022. Rapport, 140 p. [PDF]

FranceAgriMer, 2022b. Marché des oléoprotéagineux 2021-22. [PDF]

Mittaine J.F., Mielke T., 2012. OCL, 19(5), 249-260. [PDF]

OCDE-FAO, 2022. Perspectives agricoles 2022-2031, 403 p. [PDF]

Pfimlin A., Le Gall A., Perrot C., Rouillé B., Sailley M., Poux X., 2021. L'élevage français et européen pourrait se passer du soja américain. Communication à l'Académie d'Agriculture de France, 3 p.

USDA, 2022. Oilseeds: world markets and trade. Report, 51 p. [PDF]

Supprimer le concentré chez la chèvre laitière au pâturage : effets sur la production laitière, l'ingestion d'herbe et le comportement alimentaire

DELAGARDE R. (1), MOREAU C. (1)
(1) PEGASE, INRAE Institut Agro, 35590 Saint-Gilles, France

RESUME
L'autonomie alimentaire et protéique des élevages caprins en France est connue pour être relativement faible. Miser sur le pâturage et réduire les apports de concentrés peuvent être des stratégies efficaces, mais les conséquences sur les performances et le comportement des chèvres doivent être en premier lieu quantifiées. Nous avons donc étudié au printemps une réduction drastique de l'apport de concentré (0,72, 0,37 et 0,05 kg MS/j de maïs en granulés distribué individuellement), chez des chèvres laitières au pâturage, sur leur production et composition du lait, leur ingestion d'herbe, l'efficience azotée ainsi que sur leur comportement alimentaire. Trente-six chèvres Alpine après leur pic de lactation (64 jours de lactation et 4,0 kg/j de lait en début d'essai,) ont été utilisées, selon un schéma en carré latin 3 × 3 complet et équilibré des effets rémanents, au cours de 3 périodes successives de 3 semaines chacune, de mi-avril à mi-juin 2021. Le temps d'accès au pâturage était de 11 h/j (dont 3 h après la traite du soir), avec une quantité d'herbe offerte peu limitante de 2,6 kg MS/chèvre/j au-dessus de 4 cm. La nuit, les chèvres étaient en bâtiment sans aucun apport de fourrage. L'ingestion d'herbe a été mesurée par la méthode ytterbium/index fécaux et les activités de pâturage par des accéléromètres (Lifecorder Plus). La diminution de production laitière suite à la réduction de l'apport de concentré a été linéaire (-0,67 kg de lait par kg MS de concentré), de même que celle du taux protéique du lait (-0,1 g/kg de lait par kg MS de concentré). Le taux butyreux du lait a été le plus faible sur les chèvres quasi non complémentées. L'ingestion d'herbe et la durée de pâturage ont augmenté linéairement de 0,35 kg MS/j et de 54 min/j, respectivement, pour chaque kg MS de concentré en moins. L'efficience d'utilisation de l'azote (N lait/N ingéré) n'a pas varié avec la dose de concentré. Moins les chèvres étaient complémentées, moins elles faisaient de repas d'herbe, mais des repas plus longs, en particulier le premier repas du matin. La vitesse d'ingestion d'herbe n'a pas varié avec le traitement. En conclusion, les lois connues de réponse d'ingestion et de production laitière des chèvres à l'apport de concentré semblent totalement extrapolables lors d'une suppression totale du concentré au pâturage. Une forte autonomie protéique semble donc possible en élevage caprin via le pâturage combiné à une réduction des apports de concentré.

Suppressing concentrate to grazing dairy goats: effects on milk production, herbage intake and grazing behaviour

DELAGARDE R. (1), MOREAU C. (1)
(1) PEGASE, INRAE Institut Agro, 35590 Saint-Gilles, France

SUMMARY
Feed and protein self-sufficiencies in French goat production systems are low. Increasing grazing and decreasing concentrate supply may be efficient strategies, but consequences on goat nutrition and N efficiency must be quantified. We investigated in spring a severe reduction of a maize-based concentrate (0.72, 0.37 and 0.05 kg DM/d, fed individually) on milk production, herbage intake, N use efficiency and grazing behaviour of grazing dairy goats. A total of 36 Alpine goats in mid-lactation (64 days in milk, 4.0 kg/d of milk) were used in a 3 × 3 complete Latin square design, with 3 successives periods of 3 weeks, from mid Avril to mid June 2021. Access time to pasture was 11 h/d, including 3 h after PM milking, and an herbage allowance of 2.6 kg DM/goat/d > 4 cm). At night, goats were indoor without any supplement. Herbage intake was estimated from the ytterbium/faecal index method, and grazing activities from accelerometers (Lifecorder Plus). The decrease of milk production following that of concentrate supply was linear (-0.67 kg of milk/d per kg DM of concentrate), as was the decrease of milk protein concentration (-0.1 g/kg of milk per kg DM of concentrate). Milk fat concentration was lowest when goats were unsupplemented. Herbage intake and grazing time increased linearly by 0.35 kg DM/d and 54 min/d, respectively, with the reduction of concentrate supply. Nitrogen use efficiency (N milk/N intake) was unaffected by the treatment. The less the goats were supplemented, the fewer grazing meals they had, but longer meals, especially the first meal in the morning. Herbage intake rate did not vary with treatment. In conclusion, the known responses of intake and milk production of goats following high supplementation levels seem extrapolable to very low concentrate supply at grazing. High protein self-sufficiency seems thus possible in goat systems through combining more grazing and less concentrates.

INTRODUCTION

L'herbe pâturée est un fourrage peu cher qui permet de limiter la complémentation protéique et d'accroître l'autonomie alimentaire des élevages caprins (Caillat *et al.*, 2016; Jost et al., 2021). Le pâturage est cependant peu présent dans les systèmes caprins livreurs en France (Bossis, 2012). Lorsqu'il est pratiqué, les chèvres sont toujours complémentées en concentrés, et à des doses généralement assez élevées (0,6 à 1 kg/jour), notamment pour soutenir la production. Si la réponse marginale de production laitière à des apports croissants de concentrés a bien été décrite (Lefrileux *et al.*, 2012) dans la gamme classique de complémentation, il n'existe pas de référence sur des niveaux de complémentation très faibles. Par ailleurs, il n'existe quasiment aucune étude de complémentation des chèvres au pâturage avec un témoin avec quasi zéro concentré et avec mesure de l'ingestion d'herbe, permettant de quantifier la substitution globale, ou du comportement alimentaire. L'essai présenté a pour

objectif de déterminer les réponses de production, d'ingestion et de comportement des chèvres en lactation suite à une réduction drastique de l'apport de concentré au pâturage.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. TRAITEMENTS, SCHEMA EXPERIMENTAL ET CONDUITE DES CHEVRES

L'essai, conduit du 16 avril au 18 juin 2021 à la ferme INRAE de Méjusseaume (Le Rheu, France, https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68), avait pour objectif de comparer 3 doses de concentré au pâturage : 800 (T8), 400 (T4) et 0 (T0) g/j. Concrètement, chaque chèvre a tout de même reçu 30 g d'un concentré granulé (95% maïs grain, 5% son et mélasse) à chaque traite (distribution automatique minimale possible). Les doses supplémentaires du même concentré pour T4 et T8 étaient apportées en individuel au cornadis, en deux fois par jour après chaque traite.

Après leur mise à l'herbe début mars, 36 chèvres (12 primipares et 24 multipares) ont été sélectionnées et réparties en 6 lots homogènes de 6 chèvres selon leurs caractéristiques mesurées juste avant l'essai (52 ± 6,2 kg de poids vif, 64 ± 9,0 j de lactation, 4,0 ± 0,79 kg lait standardisé/j). L'essai a été conduit selon un schéma expérimental en carré latin 3 × 3 complet et équilibré des effets rémanents, avec 3 périodes successives de 3 semaines. Au pâturage, les chèvres étaient conduites en 3 lots séparés, avec un lot par traitement, en pâturage rationné avec fil avant déplacé chaque matin. L'avancée du fil de chaque lot était calculée chaque jour selon la hauteur d'herbe dans la bande à offrir, en visant une quantité d'herbe offerte de 2,6 kg MS/chèvre/j au-dessus de 4 cm du sol pour chaque traitement, soit une disponibilité en herbe peu limitante pour l'ingestion (Delagarde *et al.*, 2021). L'accès au pâturage était de 11 h/j (8 h après la traite du matin et 3 h après la traite du soir), également peu limitant pour l'ingestion (Charpentier *et al.*, 2019a; Delagarde *et al.*, 2021). Les chèvres avaient accès à l'eau d'abreuvement en bâtiment et au pâturage.

1.2. MESURES

Toutes les mesures animales ont été individuelles, et réalisées la dernière semaine de chaque période. La production laitière a été mesurée à chaque traite, les taux butyreux et protéique du lait les 5 derniers jours de chaque période, sur toutes les chèvres.

L'ingestion individuelle et le comportement alimentaire ont été déterminés sur 12 chèvres seulement (4 par traitement, les mêmes à chaque période). L'ingestion d'herbe a été mesurée par la méthode ytterbium/index fécaux adaptée aux chèvres laitières (Delagarde *et al.*, 2018; Delagarde *et al.*, 2021). L'ytterbium (Yb_2O_3) était distribué deux fois par jour des jours 8 à 20 de chaque période via un concentré spécifique donné au cornadis (2 × 15 g/j, soit 27 g MS/j et 0,10 g Yb/j). Les fèces ont été échantillonnées par prélèvement rectal, matin et soir, durant 5 jours en fin de période, regroupés par chèvre et par période, séchés, broyés et analysés au laboratoire. La concentration fécale en ytterbium a permis d'estimer la quantité de fèces (F, en kg MS/j), et les concentrations fécales en matière organique (MO), azote (N) et fibres (ADF) ont permis d'estimer la digestibilité de la ration (D). L'ingestion totale (I) a pu être calculée (I=F/(1-D)). L'ingestion d'herbe a été calculée en retranchant à l'ingestion totale l'ingestion des concentrés.

Les activités de pâturage (nombre et durée des repas, durée d'ingestion totale et répartition journalière) ont été déterminées grâce au Lifecorder Plus, accéléromètre uni-axial détectant avec précision l'accélération de la tête lors des prises alimentaires au pâturage (Lemoine *et al.*, 2021; Delagarde *et al.*, 2021). Chaque chèvre a été équipée d'un Lifecorder 7 jours en fin de chaque période. Celui-ci était placé dans un boîtier fixé à un collier au cou des chèvres.

Concernant l'herbe et la gestion du pâturage, la densité (kg MS/ha/cm) mesurée avec un herbomètre électronique (Aurea, France) a été déterminée par coupe à la motofaucheuse 1 à 2 fois par semaine, permettant une calibration hauteur/biomasse. Les hauteurs d'herbe en entrée et en sortie de parcelle (herbomètre à plateau) ont été mesurées chaque jour. La composition botanique et la composition biochimique de l'herbe offerte ont été déterminées la dernière semaine de chaque période.

1.3. ANALYSES STATISTIQUES

Les données animales, moyennées par chèvre et par période, ont été traitées par analyse de variance, selon un modèle prenant en compte les effets Chèvre, Période et Traitement. Des contrastes orthogonaux ont permis de décrire la forme de la loi de réponse des chèvres à la dose de concentré (linéaire ou quadratique). Le modèle d'analyse pour les données sur les prairies prenait en compte les effets Période et Traitement.

2. RESULTATS

2.1. PÂTURAGE

La prairie était en moyenne composée de 50% de graminées (raygrass anglais surtout), 21% de pissenlit, 19% de trèfles et 10% d'autres espèces. L'herbe offerte a été en moyenne assez pauvre en MAT (121 g/kg MS), avec des teneurs en NDF et ADF de 517 et 246 g/kg MS, respectivement. La biomasse (3,1 t MS/ha > 4 cm) et la hauteur en entrée de parcelle (13,6 cm), ainsi que la surface (8,4 m²/chèvre/j) et la quantité d'herbe réellement offerte (2,6 kg MS/chèvre/j) n'ont pas varié entre traitements.

La hauteur d'herbe en sortie de parcelle a eu tendance à diminuer linéairement avec la suppression du concentré (Tableau 1).

2.2. INGESTION, DIGESTION, PRODUCTION

L'ingestion de concentré a été de 0,77, 0,42 et 0,05 kg MS/j pour T8, T4 et T0 respectivement. L'ingestion d'herbe a augmenté linéairement, et l'ingestion totale a diminué linéairement lorsque la dose de concentré a été réduite, avec en moyenne +0,35 et -0,66 kg MS par kg MS de concentré, respectivement (Tableau 1). La digestibilité MO de la ration a été plus faible de 1,2 points sur T0 que sur T4 et T8 (effet quadratique).

Les productions journalières de lait brut, de lait standardisé, de matières grasses et de matières protéiques, ainsi que le taux protéique du lait ont diminué de façon linéaire lorsque l'apport de concentré a été réduit. Les effets moyens pour le lait brut, le lait standardisé et le taux protéique sont de -0,66 kg, -0,72 kg et -1,0 g/kg de lait par kg MS de concentré en moins, respectivement (Tableau 1). Le taux butyreux a été plus faible (-2,0 g/kg de lait) sur T0 que sur T4 et T8 (effet quadratique). Les différences de production laitière entre traitements se sont créées dans les 3 premiers jours suivant le changement de période (donc de traitement), et sont restées stables jusqu'au jour 21 (Figure 1).

Si la quantité d'azote ingérée et exportée dans le lait, en g/j, ont diminué linéairement lors de la suppression du concentré, l'efficience d'utilisation de l'azote (N lait/N ingéré) n'a pas varié avec la dose de concentré.

2.3. COMPORTEMENT ALIMENTAIRE

Les chèvres ont pâturé en moyenne 67% du temps passé dans les parcelles (453 sur 672 min/j). La durée de pâturage a augmenté linéairement avec la réduction de l'apport de concentré, à raison de 54 min/j par kg MS de concentré en moins. Exprimée en min/j, cette augmentation a surtout été marquée entre les deux traites (+32 min, soit +44 min/j par kg MS de concentré), et encore plus au cours du premier repas du matin après la sortie des chèvres (+73 min).

Exprimée en pourcentage du temps effectif passé à pâturer, l'augmentation de durée d'ingestion est identique entre le jour et le soir (+10%).
Au final, les chèvres qui ne reçoivent pas de concentré font moins de repas d'herbe par jour (-1,1 repas/j entre T8 et T0, soit -14%), mais des repas plus longs (+17 min/repas entre T8 et T0, soit +30%). La vitesse d'ingestion d'herbe a été en moyenne de 216 g MS/h de pâturage effectif et n'a pas varié entre doses de concentré.

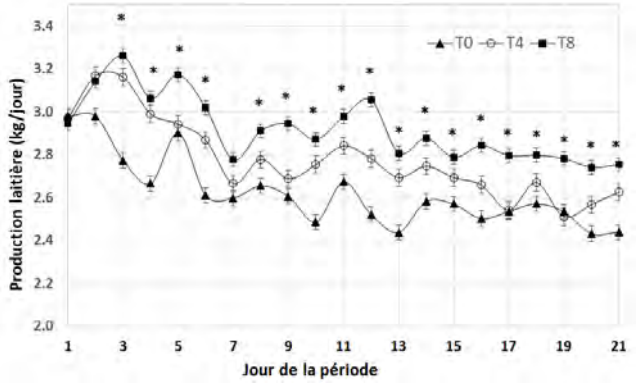


Figure 1 : Evolution moyenne de la production laitière des chèvres au cours d'une période expérimentale, selon la dose de concentré ingérée (* par heure : effet dose P<0,05).

3. DISCUSSION

L'essai s'est déroulé dans des conditions satisfaisantes sur le plan climatique et de la conduite des animaux, avec des conditions de pâturage identiques entre traitements et conformes aux objectifs. Aucun refus de concentré n'a été observé, ni aucun souci pendant l'essai sur la santé, le comportement ou l'état général des chèvres.

3.1. EFFET DE LA DOSE DE CONCENTRE SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES

A court terme, sur des périodes de 3 semaines, les chèvres au pâturage ont montré une réponse de production laitière quasi immédiate aux variations d'apport de concentré, et identique entre les doses 400 à 0 g/j qu'entre les doses 800 à 400 g/j (-0,67 kg de lait/j par kg MS de concentré en moins). Ces réductions sont similaires aux réponses moyennes observées sur une série d'essais au pâturage par Lefrileux *et al.* (2012). Ces auteurs avaient observé une réponse curvilinéaire de la production laitière sur une gamme un peu plus large et des doses de concentré un peu plus élevées (0,25 à 1,14 kg MS/j), avec une réponse linéaire proche de celle de cet essai dans la même gamme d'apport de concentré (-0,72 kg lait/j par kg MS de concentré en moins). Elle est aussi très proche de la réponse moyenne observée sur des régimes à base de fourrages conservés dans la gamme 0 à 1 kg MS de concentré ingéré (-0,63 kg lait/j par kg MS de concentré, Sauvant et Giger-Reverdin, 2018). La suppression totale du concentré n'a donc pas entraîné de « décrochage » de la production, ni aucun effet délétère particulier observable. Des études complémentaires seraient bien entendu nécessaires pour déterminer les effets à long terme de la suppression du concentré sur les chèvres au pâturage, notamment sur l'état corporel, la santé ou la persistance de la lactation. La réduction à la fois du taux butyreux et du taux protéique du lait lorsque le concentré a été supprimé sont des réponses atypiques car généralement non observées dans la littérature. D'une façon générale, sur tous types de ration, le taux butyreux semble plutôt augmenter lors d'une réduction de l'apport de concentré, tandis que le taux protéique est insensible à la dose de concentré (Sauvant *et al.*, 2012 ; Sauvant et Giger-Reverdin, 2018). Au pâturage, Lefrileux *et al.* (2012) n'ont observé en moyenne sur 4 essais aucun effet de la dose de concentré sur les taux butyreux et protéique du lait. Chez la chèvre, le taux butyreux est cependant très sensible à la nature du concentré et sa composition en lipides, avec des effets très variables (Lefrileux *et al.*, 2012). La nature du concentré que nous avons utilisé (maïs grain, relativement riche en lipides) pourrait expliquer en partie les taux butyreux les plus faibles observés sur les chèvres quasi non complémentées (Sauvant *et al.*, 2012).
Le taux de substitution global moyen observé de 0,35 peut paraître relativement faible par rapport aux équations récentes proposées (Sauvant et Giger-Reverdin, 2018), mais est conforme au taux de substitution estimé chez les chèvres à partir de la dose de concentré ingérée (Sauvant *et al.*, 2010). Il est également cohérent avec la relative faible variation de durée d'ingestion d'herbe observée entre doses de concentré, de moins de 1 h par kg MS de concentré, si l'on traduit cette durée en kg MS en tenant compte d'une vitesse d'ingestion d'herbe proche de 200 (calculée ici), 250 (Charpentier, 2018) ou même 300 g MS/h de pâturage. A l'heure actuelle, les rares essais de la littérature sur la substitution herbe/concentré au pâturage montrent des résultats très variables et inconsistants, ne permettant aucune prévision sérieuse. Si la réduction de l'apport de concentré a limité les apports en azote (-16%), elle n'a pas affecté l'efficience d'utilisation de l'azote, l'azote exporté dans le lait ayant diminué dans les mêmes proportions. Ces résultats (substitution, efficience azotée) ont pu être affectés par la faible teneur en MAT de l'herbe pâturée, même si l'influence de la teneur en MAT du fourrage sur le taux de substitution fourrage/concentré n'est pas connue en caprins.

3.2. EFFET DE LA DOSE DE CONCENTRE SUR LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE

L'augmentation de la durée d'ingestion d'herbe lorsque la dose de concentré est réduite indique clairement une ingestion d'herbe qui augmente. Comme aucune variation significative de la vitesse d'ingestion n'a été observée, l'augmentation du temps passé à pâturer suite à la suppression du concentré est ici proportionnelle à la variation de quantité d'herbe ingérée. Chez les vaches, on observe à la fois une augmentation de la durée et de la vitesse d'ingestion lorsque le concentré et/ou le fourrage complémentaire sont supprimés. Ces résultats restent à préciser chez la chèvre.
Comme chez les autres ruminants, les activités de pâturage en cours de journée sont modifiées par la dose de complément ingéré, qui affecte directement l'état de faim au pâturage. Chez les chèvres quasi non complémentées, qui ont un « besoin » de manger plus d'herbe, l'activité de pâturage est moins fragmentée au cours de la journée, avec une réduction du nombre de repas (+ 1,1 repas/j) et une augmentation de la durée moyenne des repas (+ 20 minutes). Cette modification du comportement est très nette le matin lors de la sortie au pâturage, puisque l'augmentation de la durée du premier repas du matin (+73 min) est même plus importante que l'augmentation de la durée totale de pâturage sur la journée (+39 min).

CONCLUSION

Cette étude a permis de décrire les lois de réponses des chèvres laitières en lactation à une réduction voire une suppression totale de l'apport en concentrés au pâturage. Aucun effet de seuil n'a pu être détecté, et les réponses marginales connues pour des doses élevées de concentrés semblent pouvoir être extrapolables aux doses faibles à nulles. Entre les doses 800 et 0 g/jour de concentré maïs grain, l'ingestion d'herbe et la production laitière ont varié de 0,35 kg MS et de -0,66 kg de lait par kg MS de concentré, avec peu de variation des taux butyreux et protéique du lait. Les chèvres ont montré les mêmes mécanismes d'adaptation comportementale à la suppression du

concentré que les autres types de ruminants : des repas plus longs et moins nombreux et finalement un accroissement de la durée de pâturage. Ces résultats obtenus à moyen terme (3 semaines d'application des régimes) devront être complétés par des essais long terme (plusieurs mois) et dans des conditions différentes : autre nature de concentré, autres conditions de pâturage.

Les auteurs remercient les techniciens INRAE de l'UMR PEGASE (atelier caprin de la ferme de Méjusseaume et atelier Biochimie).

Bossis N., 2012. Fourrages., 212, 269-274
Caillat H., Bruneteau E., Ranger B., Furstoss V., Guillet I., Paraud C., Hoste H., El Korso R., Delagarde R., Quenon J., Bossis N., Guillouet P., 2016. Renc. Rech. Ruminants, 23, 247-250
Charpentier A., 2018. Thèse de Doctorat, Université de Poitiers, 178 pp
Charpentier A., Caillat H., Gastal F., Delagarde R., 2019a. Livest. Sci., 229, 90-97
Charpentier A., Caillat H., Gastal F., Delagarde R., 2019b. Animal, 13, 2492-2500
Delagarde R., Belarbre N., Charpentier A., 2018. Grassl. Sci. Europe, 23, 419-421
Delagarde R., Caillat H., Charpentier A., 2021. INRAE Prod. Anim., 34, 15-28
Jost J., Bossis N., Fança B., Bluet B., Bossis C., Couvet R., Poupin B., Lazard K., Gervais P., Lefrileux Y., Pommaret A., Delagarde R., Caillat H., 2021. Innov. Agron., 82, 67-80
Lefrileux Y., Morand-Fehr P., Pommaret A., 2012. INRA Prod. Anim., 25, 277-290
Lemoine M., Piriou M., Charpentier A., Delagarde R., 2021. Small Rumin. Res., 202, 106469
Sauvant D., Giger-Reverdin S., 2018. In Alimentation des Ruminants. QUAE, Versailles, 399-441
Sauvant D., Giger-Reverdin S., Meschy F., 2010. In Alimentation des bovins, ovins et caprins. QUAE, Versailles, 139-152
Sauvant D., Giger-Reverdin S., Meschy F., Puillet L., Schmidely P., 2012. INRA Prod. Anim., 25, 259-276

Variable	Dose de concentré (g/j)			ETR [a]	Contrastes *(P<)* [b]	
	800	400	0		Lin	Qua
Hauteur d'herbe en sortie de parcelle (cm)	7,0	7,0	6,4	0,23	0,056	0,135
Production laitière (kg/j)	2,88	2,67	2,40	0,216	0,001	0,473
Production de matières grasses (g/j)	96,9	91,5	77,2	11,81	0,001	0,063
Production de matières protéiques (g/j)	79,0	71,5	63,9	8,27	0,001	0,971
Production laitière standardisée (kg/j)	2,75	2,56	2,23	0,262	0,001	0,190
Taux butyreux du lait (g/kg)	33,6	34,5	32,0	3,40	0,043	0,014
Taux protéique du lait (g/kg)	27,4	26,8	26,5	1,97	0,048	0,743
Digestibilité MO de la ration (g/g)*	0,802	0,805	0,791	0,011	0,025	0,034
Ingestion d'herbe (kg MS/j)	1,52	1,58	1,77	0,174	0,004	0,291
Ingestion totale (kg MS/j)	2,32	2,02	1,84	0,175	0,001	0,380
N ingéré (g/j)	45,0	42,5	37,9	4,33	0,001	0,506
N lait (g/j)	13,9	12,9	11,5	1,21	0,001	0,684
N lait / N ingéré (g/g)	0,305	0,313	0,308	0,0387	0,883	0,617
Durée d'ingestion d'herbe (min/j)	429	463	468	34,3	0,011	0,253
Durée d'ingestion d'herbe du jour (min)	339	364	371	25,9	0,008	0,365
Durée d'ingestion d'herbe du soir (min)	92	105	102	13,8	0,084	0,102
Durée 1er repas du matin (min)	129	163	202	36,6	0,001	0,835
Durée 1er repas du soir (min)	62	79	77	14,8	0,026	0,084
Nombre de repas (repas/j)	8,0	7,1	6,9	0,90	0,007	0,319
Durée moyenne d'un repas (min)	55,5	72,7	72,2	19,4	0,046	0,214
Vitesse d'ingestion d'herbe (g MS/h)	213	206	229	26,4	0,148	0,117

[a] ETR : Ecart-type résiduel du modèle; [b] Lin et Qua : respectivement, effets linéaire et quadratique de la dose de concentré

Tableau 1 Effets de la dose de concentré ingérée sur la hauteur d'herbe en sortie de parcelle, la production, l'ingestion, l'efficience azotée et le comportement alimentaire des chèvres laitières au pâturage (moyennes ajustées)

Maitriser l'équilibre en acides aminés dans le cadre de rations hivernales de vaches laitières pour augmenter l'autonomie protéique : le projet DY+ Milk

LEMOSQUET S. (1), MATHIEU Y. (2), BAHLOUL L. (3), ROLLAND M. (4), ANDRIEU D. (5), ROUILLE B. (6), JURQUET J. (7), GERARD C. (8), ROUVERAND S. (9), TROU G. (10)
(1) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 16 Le Clos, 35590 Saint-Gilles, France
(2) Seenovia - rue P.A. Bobierre - La Géraudière - 44939 Nantes CEDEX 9 – France
(3) Centre d'Expertise et de Recherche en Nutrition, Adisseo France S.A.S., 03600 Commentry, France
(4) Vision Lait, 10 rue de Soissons 51140 Muizon France
(5) CCPA - ZA du Bois de Teillay - Quartier du Haut-Bois - 35150 JANZÉ - France
(6) Institut de l'Elevage – Monvoisin, 35652 Le Rheu Cedex – France
(7) Institut de l'Elevage, 42 rue Georges Morel, CS 60057, 49071 Beaucouzé cedex – France
(8) ADM animal nutrition – NEOVIA, Talhouet, 56250 Saint Nolff – France
(9) Valorial, 8 rue J Maillard de la Gounerie, 35000 Rennes, France
(10) Chambres d'agriculture de Bretagne, rue Maurice Le Lannou – C5 74223 – 35042 Rennes Cedex

RESUME

Pour augmenter l'autonomie protéique des exploitations une solution est de réduire l'apport de Protéines Digestibles dans l'Intestin (PDI). L'objectif de ce travail était d'analyser l'intérêt de mieux équilibrer l'apport en lysine (LysDI) et méthionine (MetDI) de rations hivernales quand on réduit l'apport PDI. Nous avons d'abord collecté des aliments, en particulier des ensilages et enrubannages, et des graines de légumineuses et protéagineux de Bretagne et des Pays de la Loire pour caractériser leurs apports en PDI, LysDI et MetDI dans l'objectif d'améliorer la table INRA (2018) qui, pour les fourrages, n'est basée que sur 69 profils en acides aminés (AA). Nous avons alors analysé la solution consistant à mieux équilibrer l'apport de LysDI et la MetDI dans les rations de 5 exploitations laitières (444 vaches laitières) lorsque l'on réduit l'apport de correcteur azoté (principalement du tourteau de soja) de 600 g/j/vache. La correction du profil en LysDI et MetDI augmentait les MP, à la fois en augmentant le volume de lait et le TP alors que le système d'alimentation INRA (2018) ne prédit qu'une augmentation du TP. Il existait cependant une variabilité inter-individuelles des réponses : certaines vaches augmentant les MP via le lait et le TP, d'autres via le lait ou le TP uniquement. Enfin, dans un essai sur 40 vaches Holstein à 2 mois de lactation, l'augmentation de l'apport de LysDI et MetDI aux recommandations augmentait les MP quel que soit le niveau d'apport PDI et également le volume de lait à bas PDI ; ce qui s'expliquait par une tendance à l'augmentation de l'ingestion.

Better balancing lysine and methionine, a solution to reduce soybean meal in dairy diets

LEMOSQUET S. (1), MATHIEU Y. (2), BAHLOUL L. (3), ROLLAND M. (4), ANDRIEU D. (5), ROUILLE B. (6), JURQUET J. (7), GERARD C. (8), ROUVERAND S. (9), TROU G. (10)
(1) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 16 Le Clos, 35590 Saint-Gilles, France

SUMMARY

To increase protein autonomy of dairy farms, a solution is to reduce metabolisable protein supply (called PDI in INRA, 2018). The aim of this work was to analyse the effects of better balancing lysine and methionine (Lys and Met) supplies to limit the decrease in milk protein yield (MPY) observed when reducing PDI supply. We first collected and analysed legume and grass silages to characterize their Lys and Met contents in order to improve the INRA (2018) feed tables only based on 69 amino acid (AA) profiles for roughages. Secondly, we analysed the solution of better balancing Lys and Met in 5 dairy farms (444 dairy cows) when reducing protein concentrates (mainly soybean meal) by 600 g/d/cow. During the period of Lys and Met supplementations, MPY, milk protein content (MPC) and milk yield significantly increased while the INRA (2018) model only predicted an effect on MPY through an increased MPC. However, the responses on milk yield and/or MPC depended on the cows, suggesting a variability of the responses between individuals. On 40 Holstein dairy cows at 2 months of lactation, better balancing AA supply increased MPY at low and higher PDI supplies but an increase in milk yield was also observed at low PDI supply, partially explained by a tendency in an increase in dry matter intake.

INTRODUCTION

Les élevages bovins français possèdent un niveau d'autonomie protéique (77 %) plus faible que l'autonomie massique (88 %). De plus, l'autonomie protéique de la partie « concentrés » est faible (20 % ; Rouillé et coll., 2014). En 2015, la production laitière française a utilisé 1,37 kt de tourteau de Soja (soit 36 % des utilisations en production animale) dont 90 % était importé (https://www.flux-biomasse.fr/resultats/sankey_soja_animaux/France).
Augmenter l'autonomie protéique est donc un enjeu important qui a été travaillé à l'échelle des élevages bovins laitiers de Bretagne et des Pays de la Loire dans le cadre du projet Européen FEDER DY+ Milk. L'un des moyens d'accroitre l'autonomie protéique des vaches laitières est de diminuer l'apport de Protéines Digestibles dans l'Intestin (PDI) de leur ration, ce qui augmente leur efficience PDI (INRA, 2018). Ceci peut se faire en diminuant l'utilisation de tourteaux de soja importés qui présente une teneur en PDI très élevée (227 g/kg de MS dans INRA, 2018). Cependant, la réduction de l'apport PDI peut conduire à des baisses de matières protéiques (MP) et du volume de lait. Il est possible de limiter les baisses de MP en maitrisant les apports en Acides Aminés (AA) Digestibles dans l'Intestin (AADI), en particulier en lysine (Lys) et méthionine (Met) Digestibles (LysDI et MetDI), les deux AA les plus limitants (INRA, 2018 ; Lemosquet et coll., 2014). Un axe du projet DY+ Milk visait à approfondir l'intérêt et

d'identifier les limites de maitriser ces apports en LysDI et MetDI dans les rations des vaches laitières pour faciliter la réduction de l'incorporation du tourteau de soja. Trois actions ont été menées. La première action visait à mieux caractériser les apports en AA des fourrages conservés du grand Ouest et de quelques matières premières sachant que la table INRA (2018) n'est basée que sur 69 profils en AA pour décrire les 913 fourrages qu'elle contient. Nous avons donc analysé les profils en AA de 106 aliments que nous avons regroupé dans une table (Table « DY+ »). Nous avons ensuite établi des stratégies visant à réduire l'apport de tourteau de soja dans des rations hivernales théoriques utilisant les aliments de la table de DY+ et le modèle INRA (2018). Dans l'action 2, un essai mené en élevages a testé l'intérêt de couvrir les besoins en LysDI et MetDI dans le cas d'une réduction de l'apport de correcteurs azotés contenant du tourteau de soja dans la ration (Trou et coll., 2020). Dans la troisième action, nous avons testé, l'effet de l'apport en LysDI et MetDI sur l'ingestion et le volume de lait dans le cadre de la réduction de l'apport PDI et de tourteau de soja.

1. BASE DE DONNEES

1.1. MATERIEL ET METHODES

La table DY+ comprend 81 fourrages et 25 matières premières collectées en Bretagne et de Pays de le Loire en 2017 et 2018. Les fourrages se composent de 67 ensilages et enrubannages, 11 fourrages verts et 3 foins de luzerne. La composition chimique de ces aliments a été analysée en terme de Matière Sèche (MS), Matière Minérale (MM), Matière Azotée Totale (MAT), Cellulose Brute (CB), digestibilité cellulase de la MS et teneur en amidon pour les ensilages de maïs. Les profils en AA ont été exprimés en % des 16 AA (notés AA_BP dans la table INRA,2018 ; BP pour By Pass) pour Lys, Met, His et Ala, Arg, Asp, Glu, Gly, Ile, Leu, Phe, Pro, Ser, Thr, Val et Tyr. Le profil en Cys+Trp a également été calculé. Il s'exprime en % des 18 AA afin d'appliquer un facteur de correction permettant que la somme des 16 AADI plus Cys+Trp représente 100 % des PDI. Le module Prevalim du logiciel d'INRAtion®V5/ RUMINAL® a été utilisé pour calculer l'ensemble des valeurs alimentaires de la table DY+. Les valeurs en AADI ont ainsi été calculées à partir des valeurs AA_BP et des PDIA (A : Alimentaires), des PDIM (M : Microbiennes) et d'un profil en AA microbien identique quelle que soit la ration (INRA, 2018). Pour mémoire, les recommandations en LysDI et MetDI dans INRA (2018) ont été fixées à 7,0 et 2,4 % des PDI, respectivement. Compte tenu de la précision des analyses, deux valeurs de LysDI ou de MetDI peuvent être considérées comme différentes si leur écart est de l'ordre de 0,2 % PDI.

1.2. RESULTATS : ANALYSE DE LA BASE

Les résultats présentés vont principalement porter sur les 67 analyses en Lys et Met des ensilages et enrubannages (Figure 1). Les valeurs AADI des ensilages de la table INRA (2018) reposent sur un nombre restreint de profils en AA (AA_BP) : 3 pour les ensilages de maïs, 2 pour les prairies permanentes de plaine, 1 pour les ray grass d'Italie (RGI); 4 pour les luzernes et 1 pour les trèfles violets. Les ensilages de graminées fourragères de la table DY+ comme ceux de la table INRA (2018) ont des valeurs de LysDI comprises entre 6,2 et 7,4 % des PDI pour une gamme de valeurs de PDI identiques sur les même espèces (comprises entre 50 et 110 g/kg de MS).

1

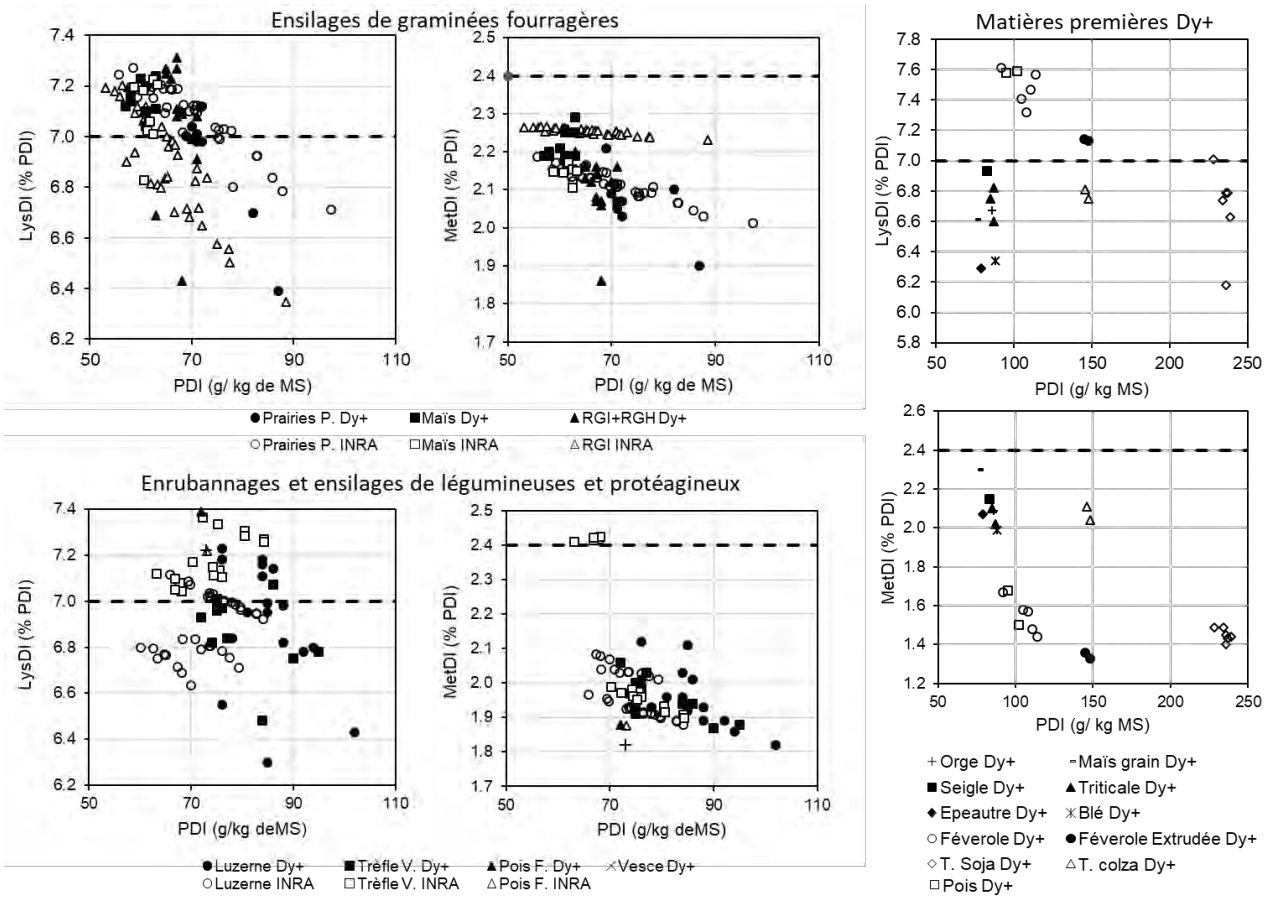


Figure 1 Valeurs PDI, LysDI et MetDI des ensilages des matières premières de la table DY+, comparaison aux ensilages de la table INRA (2018)

Cependant, les ensilages de graminées fourragères de DY+ présentent tous des valeurs de LysDI supérieures aux recommandations (7 % des PDI), à l'exception de 5 ensilages. Les valeurs de MetDI des ensilages de graminées des 2 tables présentent des valeurs comprises entre 2 et 2,3 % des PDI à l'exception de 2 ensilages de DY+ (ayant des valeurs inférieures à 2). Ces valeurs sont donc un peu inférieures aux recommandations (2,4 % des PDI pour MetDI). Les 8 ensilages de maïs de DY+ présentent des valeurs MetDI toutes légèrement plus élevées (de 2,2 à 2,3 % des PDI) que celles de la table INRA (2018) [de 2,1 à 2,2 % des PDI] pour des valeurs PDI (de 57 à 63 g/ kg de MS) et LysDI (de 7,05 à 7,25 % des PDI) similaires. Les 14 ensilages de RGI ou RGH (Ray Grass Hybride) présentent des valeurs de MetDI plus faibles (en moyenne : 2,10 ± 0,8 % des PDI) que la valeur (2,25 ± 0,01 % des PDI) de la table INRA (2018) pour des valeurs PDI similaires (à 67 ± 2 g/kg de MS) et des valeurs LysDI (de 6,7 à 7,1 % des PDI) qui sont proches des valeurs de la table INRA (2018) sauf un ensilage (LysDI = 6,4 % des PDI). Enfin, 7 sur 8 ensilages de prairies permanentes de plaine de la table DY+ présentent des valeurs LysDI et MetDI dans la même gamme de variation de ceux de la table INRA (2018).

Les ensilages de légumineuses et de protéagineux des 2 tables présentent des valeurs de MetDI en moyenne plus faibles (de 2,1 à 1,7 % des PDI) que celles des graminées fourragères (de 2,3 à 1,7 % des PDI) et une gamme des variations des valeurs LysDI proche (de 6,6 à 7,4 % des PDI). Seuls 4 ensilages de légumineuses de DY+ présentent des valeurs LysDI < 6,6 % des PDI. Les valeurs PDI des ensilages de légumineuses et de protéagineux sont plus élevées dans la table DY+ (de 72 à 102 g/kg de MS) que dans celle d'INRA (2018) [de 60 à 84 g/kg de MS]. De plus, les 12 enrubannages de trèfle violet de la table DY+ présentent des valeurs de LysDI (de 6,5 à 7,1 % des PDI) toutes inférieures à celles des ensilages et enrubannages de la table INRA (2018) [de 7,10 à 7,4 % des PDI] et bien inférieures aux 6 enrubannages de la table INRA (2018) [de 7,25 à 7,35 % des PDI]. Par contre, les valeurs de MetDI (1,96 ± 0,06 % des PDI) des enrubannages de trèfle violet de la table DY+ sont comparables aux ensilages brins courts avec conservateurs et aux enrubannés mi-fanés (1,95 ± 0,03 % des PDI) de la table INRA (2018). Quinze des 17 luzernes enrubannées de la table DY+ présentent des valeurs de LysDI (6,6 à 7,1 % des PDI) et MetDI (de 1,9 à 2,1 % des PDI) dans la gamme de variation des valeurs de la table INRA (2018) pour les ensilages ayant des valeurs PDI > 65 g/ kg de MS. L'ensilage de pois fourrager de la table DY+ présente une valeur de LysDI supérieure (7,4 vs. 7,2 % des PDI) à celle de la table INRA (2018) et des apports de MetDI (1,90 % des PDI) et de PDI (72 g/ kg de MS) équivalents à ceux de la table INRA (2018). La table DY+ fournit également des premières valeurs d'ensilage de vesce (PDI = 73 g/ kg de MS de PDI ; LysDI = 7,2 % des PDI et MetDI = 1,8 % des PDI) qui n'existent pas dans la table INRA (2018).

La table DY+ (Figure 1) contenait également quelques matières premières qui présentaient des valeurs PDI, LysDI et MetDI très proches de celles de la table INRA (2018) qui ont été établies sur un très grand nombre d'analyses d'AA par concentré. Les graines de protéagineux (féveroles et pois) présentent des valeurs LysDI supérieures (de 7,1 à 7,6 % des PDI) aux recommandations et des valeurs MetDI faibles (< 1,7 % des PDI). Pour un même apport PDI (146 g/kg de MS), les valeurs de MetDI des féveroles extrudées (1,35 % des PDI) sont très faibles au regard des tourteaux de colza qui sont les concentrés les plus équilibrés en apports de MetDI (2,1) et LysDI (6,8). Les tourteaux soja présentent également des valeurs de MetDI faibles (1,45 % des PDI) mais apportent plus de PDI (235 g/ kg de MS) et de MetDI en g/j.

1.3. EXEMPLE DE STRATEGIES DE REDUCTION DU SOJA CONSTRUITES AVEC INRA (2018)

Dans le tableau 1, sont rapportés les résultats des simulations d'INRA (2018) de rations utilisant des fourrages et concentrés de la table de DY+. Ces rations étaient composées de 30 % d'ensilage de maïs, 30 % de RGI et de 40 % de concentrés. La proportion de maïs grain et d'orge a été légèrement modifiée entre les rations afin qu'elles soient iso UFL (0,90 /kg de MS). La simulation porte sur une vache multipare haute productrice à 14 semaines de lactation ingérant 26 kg/j de MS. Le modèle prédit que la baisse des PDI de 99 à 95 g/kg de MS entraine une petite diminution des MP et du volume de lait. L'utilisation de féveroles extrudées en remplacement du tourteau soja diminue à peine plus les MP à 95 g/kg de MS des PDI. L'apport de tourteau de colza permet d'augmenter le TP (+ 0,6 g/kg) et les MP à une valeur supérieure (+ 10 g/kg de MS) à celle de la ration de tourteau de soja à 99 g/kg de MS de PDI. Enfin, d'après le modèle, la supplémentation (+ AA) des 4 rations bas PDI par la Lys et de la Met protégées de la dégradation du rumen aux recommandations permet d'augmenter le TP de + 1,3 g/kg et les MP prédites qui sont supérieures de 37 g/j à la ration à 99 g/kg de MS de PDI.

	Haut PDI	Bas PDI			
	T. Soja	T. Soja	Fév.E.	T.Colza	+ AA
T. Soja (% MS)	13	10.5	5	5	10.5
T. Colza (% MS)				12	
Fev. Extr. (% MS)			12		
PDI (g/kg MS)	99	94	94	95	95
LysDI (% PDI)	6,7	6,7	6,7	6,6	7,0
MetDI (% PDI)	1,8	1,9	1,8	2,0	2,4
BPR[1] (g/kg MS)	9,5	4,0	0,0	7,3	3,9
Lait (kg/j)	41,8	41,2	41,2	41,4	41,3
TP (g/ kg)	29,1	29,1	28,9	29,7	30,4
MP (g/j)	1217	1200	1192	1228	1253
Eff. PDI[2]	0,673	0,703	0,702	0,714	0,720

Tableau 1 Comparaison des résultats de simulations d'INRA (2018) sur différentes complémentations d'une même ration fourragère [1]Balance protéique du rumen ;[2] Efficience PDI.

Suite à ce travail préliminaire, nous avons testé en condition d'élevage la solution d'apporter de la Lys et Met protégées de la dégradation du rumen dans l'objectif de réduire l'apport de tourteau de soja aux vaches.

2. ESSAI EN ELEVAGE

L'essai en élevage a été rapporté sous forme de poster aux journées 3 R précédentes (Trou et coll., 2020).

2.1. MATERIEL ET METHODES

L'originalité de cet essai était que chaque vache (444) ait reçu dans chaque élevage (5 élevages retenus), selon un schéma expérimental ABA, successivement la ration de l'élevage (A) puis la ration modifiée (B) qui consistait en une baisse du correcteur azoté (- 0,6 kg/j, contenant du soja), une augmentation du concentré énergétique (+ 0,6 kg/j) pour maintenir l'apport UFL, et à un apport de Lys et Met protégées de la dégradation du rumen (smartamine M®, ADISSEO pour la MetDI et AjiPro®-L, Ajinomoto pour la LysDI) pendant 2 mois, puis de nouveau la ration de l'élevage (A). Une analyse de variance a été conduite avec comme individu statistique chaque vache. Depuis la publication, nous avons calculé les apports PDI, et LysDI et MetDI selon INRA (2018).

2.2. RESULTATS

Malgré la réduction de - 0,6 kg/j du correcteur azoté, l'apport PDI a très peu diminué (de 92,4 à 91 g/kg de MS dans les rations A vs. B ; INRA, 2018). Les apports de LysDI (de 6,7 à 7,1 %des PDI) et MetDI (1,9 à 2,5 % des PDI) ont été augmentés aux recommandations d'INRA (2018). L'apport de ces AA a augmenté significativement les MP de + 48 g/j en moyenne comme le prédit le système INRA (2018). Cette augmentation des MP passait à la fois par une augmentation du TP de + 0,5 g/kg et du volume de lait de + 0,6 kg/j, ce que ne prévoit pas INRA (2018). Sur les 444 vaches laitières, 309 ont présenté une augmentation des MP lors de la supplémentation en AA (Figure 2). Pour 170 vaches sur 309, cette augmentation de MP s'expliquait à la fois par une augmentation du volume de lait et du TP (Figure 2). Pour 75 vaches, cette augmentation s'expliquait seulement par une augmentation du lait et sur 61 vaches, elle s'expliquait par une augmentation du TP. A notre connaissance, aucun essai publié n'avait étudié la variabilité inter-interindividuelle des réponses.

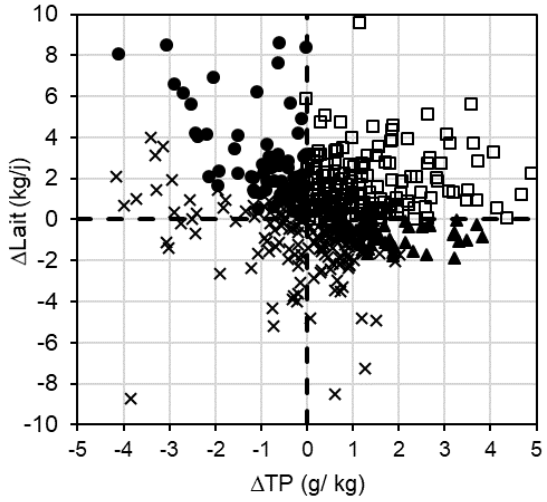


Figure 2 Réponses individuelles des vaches (n =444) à la correction du profil en LysDI et MetDI (× MP <0 ; ▲MP > 0, TP > 0 et lait < 0 ; ● MP > 0, TP < 0 et lait > 0 ; □ MP >0, TP > 0 et lait > 0). Les delta (∆) représentent la différence entre le traitement B et la moyenne des deux traitements A.

Ce résultat semble confirmer un effet possible de ces AA sur le volume du lait comme cela a été observé en début de lactation (Robinson et coll., 2011). La variabilité des réponses entre individus pourrait expliquer pourquoi les essais de la littérature rapportent des effets variables sur le volume de lait. Cette variabilité ne semblait pas s'expliquer par un effet élevage, ni un effet parité ou stade de lactation. A l'issu de ce travail, il semblait pertinent d'évaluer si une augmentation de l'ingestion pouvait expliquer cet effet sur le volume de lait car des effets positifs sur l'ingestion de ces AA ont déjà été observés (Lee et coll., 2012).

3. ESSAI QUANTIFIANT L'INGESTION

3.1. MATERIEL ET METHODES

Quarante vaches laitières Holstein (à INRAE IEPL UMR PEGASE ; https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68) à 84 ± 20 jours de lactation ont reçu selon un schéma continu (4 lots de 10 vaches) sur 5 semaines et un plan factoriel 2 × 2, 2 niveaux d'apport PDI (83 vs. 92 g/ kg de MS) croisés avec 2 profils (AA- vs. AA+) en LysDI (6,2 vs. 7,2 % des PDI) et en MetDI (1,9 vs. 2,3 % des PDI). Les 4 rations étaient à 148 et 128 g/kg de MS de MAT et à 0,82 UFL/kg de MS. Le tourteau de soja a été incorporé à hauteur de 2,5 % dans les rations bas PDI, contre 8,9 % dans les rations haut PDI. La correction du profil en AA a été faite par l'apport de Smartamine M® (MetDI) et d'AjiPro®-L (LysDI). Les 4 rations, étaient composées à 58,7 % (MS) d'ensilage de maïs et à 41,7 % de concentrés et ont été distribuées ad libitum. Une analyse de covariance a été réalisée sur la moyenne des résultats des semaines 3 à 5 de traitements incluant les effets de la parité, des PDI, des AA et les interactions AA × PDI (Proc MIXED, SAS).

3.2. RESULTATS

L'ingestion de tourteau de soja a diminué de 2,1 kg/j à 0,6 kg/j de MS entre les rations haut PDI et bas PDI. La correction du profil en LysDI et MetDI (Tableau 2) a augmenté les MP et le volume de lait à bas niveau d'apport PDI (AA × PDI : *P < 0,04*). L'effet sur le volume pourrait s'expliquer par l'augmentation en tendance de l'ingestion bien qu'il n'y ait pas d'interactions. L'absence de réponse à plus haut niveau d'apport PDI pourrait s'expliquer par les apports UFL faibles au regard des PDI.

	Haut PDI		Bas PDI			*P* <	
	AA-	AA+	AA-	AA+	AA	PDI	AA×PDI
MSI[1] (kg/j)	24,7	24,8	23,8	24,8	<0,1	0,18	0,23
MP (g/j)	1155	1152	1033	1116	0,04	<0,01	0,03
Lait (kg/j)	37,5	37,1	34,7	36,8	0,15	<0,01	0,04
TP (g/kg)	30,9	31,3	30,0	30,6	0,19	0,03	0,76

Tableau 2 Réponses à la baisse de PDI et à la correction de l'apport de LysDI et MetDI
[1]Matière Sèche Ingérée

CONCLUSION

La table DY+ va permettre d'enrichir la table INRA (2018) sur les valeurs AADI des ensilages de légumineuses et de protéagineux et en particulier de corriger certaines valeurs, pour les trèfles violets. Notre essai en élevages sur 444 vaches laitières a montré qu'il était possible de maintenir les performances lorsque l'on réduit l'apport de correcteur azoté de - 0,6 kg/j/vache, en corrigeant l'apport en LysDI et MetDI et en maintenant l'apport UFL. L'effet de ces AA passerait par une augmentation du TP et/ou du volume de lait selon les individus ainsi que par une augmentation de l'ingestion observée dans l'essai sur 40 vaches. Ces effets des AA sur l'ingestion et le volume de lait ne sont actuellement pas pris en compte dans le système INRA (2018).

Dans le cadre du projet Européen FEDER DY+ Milk, nous tenons à remercier les stations expérimentales des Chambres d'agriculture : Etablières, Mauron, Thorigné, Trevarez et des Trinottières pour la fourniture des aliments de la base ainsi que les 6 éleveurs ayant participé à l'essai ; les personnels d'ADISSEO et AJINOMOTO qui ont réalisé les analyses des profils en AA ; C. CADIOU de la chambre d'Agriculture de Bretagne qui a collecté les données la table DY+ ; L.A. EON et M. MEVEL, stagiaires de M1 qui ont réalisé les premiers dépouillements de la table DY+ ainsi que G. MAXIN, INRAE UMRH pour son expertise.

Rouillé, B., Devun, J, Brunschwig, P. 2014. OCL 2014, 21(4), D404
INRA, 2018. Editions Quae, versailles, France, 728 p
Lee C., Hristov, A. N., Cassidy, T. W., Heyler, K.S., Lapierre H., Vargan G.A., de Veth, M.J., Patton, R. A., Parys, C. 2012. J. Dairy Sci., 95, 6042–6056
Lemosquet, S., Haque, M.N., Faverdin, P., Peyraud, J.L., Delaby, L., 2014. Renc. Rech. Ruminants, 21,139-142
Robinson, P.H., Swanepoel, N., Shinzato, I., Juchal, S.O. 2011. Anim. Feed Sci. Technol., 168, 30-4
Trou G., Mathieu, Y., Andrieu, D., Bahloul, L., Cirot, C., Faverdin P., Lemosquet S. 2020. Renc. Rech. Ruminants, 25, 215

Efficience d'utilisation de l'azote chez des taurillons croisés recevant des régimes mixtes présentant une haute autonomie alimentaire et protéique

Nitrogen use efficiency in crossbred bulls fed mixed diets ensuring high feed autonomy

MOREL I. (1), DOHME-MEIER F. (1), SIEGENTHALER R. (2), HAYOZ B. (2), XAVIER C. (1,3), LERCH S.(1)
(1) Groupe de recherche Ruminants, Agroscope, 1725 Posieux, Suisse
(2) Mandats de recherche Animaux, Agroscope, 1725 Posieux, Suisse
(3) PEGASE INRAE-Institut Agro, 16 Le Clos, 35590 Saint Gilles France

INTRODUCTION

Dans un contexte où les ressources protéiques dédiées à la production de lait et de viande sont limitées et onéreuses, l'amélioration de l'efficience d'utilisation de ces dernières est au cœur des préoccupations des éleveurs. Il s'agit d'un des leviers cités par Peyraud et MacLeod (2020) permettant à l'élevage de ruminants de contribuer aux attentes sociéta-les. Selon Guarnido-Lopez (2022), chez le jeune bovin Charolais, les animaux efficients selon l'ingéré résiduel (IR = ingéré observé – prédit à partir de la régression MSI = GMQ + $PV^{0.75}$) utilisent également l'azote ingéré de manière plus efficiente [EUA = matière azotée (MA) fixée dans le croît / MA ingérée). Ainsi, sélectionner des animaux efficients serait bénéfique sur les plans économique et environnemental. Parallèlement, la valorisation optimale du coproduit viande des troupeaux laitiers progresse suite au développement des semences sexées (Berry, 2021). L'objectif de cette étude est d'évaluer l'intérêt de deux régimes d'engraissement présentant un haut degré d'autonomie pour des conditions pédoclimatiques d'Europe occidentale et de comparer inter- et intra-croisement des taurillons de trois croisements industriels sur le critère de l'effcience alimentaire et sur leur aptitude à fixer dans le croît la MA de ces régimes.

1. MATERIEL ET METHODES

Des taurillons à l'engrais (n=69 ; 257±6 kg PV) croisés entre une mère de race laitière Brune Suisse et un père des races à viande Angus (An), Limousin (Li) ou Simmental (Si) ont reçu *ad libitum* l'une de deux TMR iso-énergétiques et iso-protéiques (7,15 MJ NEV[1], 94 g PDIE, 104 g PDIN, 158 g MA par kg MS) jusqu'à abattage à 520 kg PV. Les régimes A et B contenaient (base MS) 38% d'ensilage de maïs, resp. 2 et 3% de tourteau de soja, 2% de gluten de maïs et 3% de CMV (3%), complétés pour le régime A par 36% d'ensilage graminées-trèfle blanc, 11% de pois et 9% d'orge et pour le régime B par 34% d'ensilage luzerne-graminées, 6% de féverole, 13% de triticale et 1% de paille. Pour le calcul de l'EUA, la quantité de MA contenue initialement dans le corps vide (CV) a été déterminée par analyse chimique de deux taurillons par croisement abattus en début d'essai (257 kg PV). La quantité de MA finale a été estimée individuelle-ment à partir de la taxation CHTAX[2] de la carcasse et de la dissection de la 11^{e} côte avec une équation d'estimation calibrée à partir de l'analyse chimique du CV de 30 taurillons à poids final (Lerch, communication personnelle). Des relations entre l'EUA et l'IR mesuré sur une période de 80 jours, l'indice de consommation (IC= MSI/GMQ) ainsi que la qualité des carcasses ont été évaluées par corrélation de Pearson. Les effets fixes régime, croisement et régime × croisement ont été analysés par ANOVA (NCSS 12 2018).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

A l'exception de l'IC, plus favorable avec la TMR A, les performances pour les deux régimes étaient comparables (Tableau 1). Leur autonomie alimentaire s'élève à > 90% et l'autonomie protéique à > 80% (TMR A) et ≥ 75% (TMR B). Une meilleure EUA a été relevée pour les Si comparative-ment aux Li, eux-mêmes supérieurs aux An. Ces derniers se distinguent particulièrement des deux autres croisements par une efficience alimentaire (IR) moindre et un rapport tissus adipeux (TA) : muscles plus élevé dans la carcasse. A contrario, les Si disposent des meilleurs EUA et IC et présentent les carcasses les plus maigres (0,5 point en deçà de l'optimum 3 de la CHTAX). Les Li se révèlent aussi efficients (IR) que les Si grâce à leur niveau d'ingestion inférieur de 0,7 et 0,4 kg MS/j en comparaison des An et Si, tout en atteignant une classe de TA proche de l'optimum (2,8). Ils occupent une place intermédiaire pour l'EUA et présentent le meilleur rendement de carcasse. Cependant, pour atteindre un même poids de carcasse final de 300 kg, leur âge à l'abattage est prolongé de 25 jours en moyenne par rapport aux Si.

L'EUA est corrélée (P < 0,001) positivement au GMQ, à la proportion de muscles dans la carcasse (resp. r = +0,48 et +0,59) et négativement à l'IC, l'IR, la proportion de TA (resp. r = -0,71, -0,52, -0,64) ainsi qu'à l'âge à l'abattage (r=–0,35 ; P > 0,01). Des observations comparables ont été établies chez le taurillon Charolais (Guarnido-Lopez, 2022).

CONCLUSION

Les régimes composés pour plus d'un tiers d'ensilage d'herbe dont les composants peuvent être produits pour plus de 90% sur l'exploitation ont particulièrement convenu aux taurillons croisés Si. Par rapport aux An et Li, ce sont eux qui ont fixé l'azote ingéré dans le croît de la manière la plus efficiente avec en parallèle une efficience alimentaire élevée. L'impact négatif sur la valeur commerciale de la carcasse (classe de TA) reste modéré. Une évaluation globale incluant d'autres aspects comme la qualité de la viande ou les émissions de gaz à effets de serre permettra de tirer des conclusions plus exhaustives concernant la durabilité de systèmes de production variables sur le plan des régimes et du type d'animaux selon la région et les ressources fourragères disponibles.

[1]NEV: énergie nette pour la production de viande (système suisse)
[2]Classes de conformation et de de tissus adipeux selon CHTAX (système suisse semblable au système EUROP)

Berry D.P., 2021. J. Dairy Sci. 104, 3789-3819.
Guarnido-Lopez P., 2022. Thèse doctorale, 206 p.
Peyraud J.-L., MacLeod M. 2020. European Commission, 82 p.

		Régime (R)		Croisement (C)				*Valeurs P*		
Paramètre	Unité	A	B	×An	×Li	×Si	SEM	R	C	R×C
$Age_{abattage}$	j	349	357	351^{b}	373^{c}	335^{a}	3,28	0,13	<0,001	0,09
MSi	kg/j	8,1	8,1	8,4^{a}	7,7^{b}	8,1^{a}	0,06	0,94	<0,001	0,11
GMQ	kg/j	1,55	1,49	1,50^{b}	1,40^{c}	1,65^{a}	0,02	0,08	<0,001	0,14
IC_{MS}	kg/kg	5,25^{a}	5,49^{b}	5,63^{b}	5,56^{b}	4,93^{a}	0,07	0,03	<0,001	0,29
Ingéré résiduel	kg/j	-	-	0,26^{b}	-0,14^{a}	-0,12^{a}	0,07	-	<0,001	-
$MA_{fixée}$	kg	46,9	46,3	41,6^{c}	47,8^{b}	50,4^{a}	0,55	0,40	<0,001	0,31
EUA	g/kg	215	221	190^{c}	214^{b}	250^{a}	3,87	0,23	<0,001	0,39
Rendement	%	56.0	55,9	54,9^{b}	57,4^{a}	55,6^{b}	0,19	0,78	<0,001	0,11
$Muscle_{carcasse}$	%	64,4	64,1	60,8^{b}	65,9^{a}	66,1^{a}	0,33	0,41	<0,001	0,35
$Tissu\ adipeux_{carcasse}$	%	13,5	13,5	16,1^{c}	12,7^{b}	11,6^{a}	0,30	0,41	<0,001	0,35

$^{a-c}$Pour un même facteur (R ou C) les moyennes portant un indice différent sur une même ligne se distinguent de manière significative (P < 0.05)
xAn, xLi, xSi = races père Angus, Limousin ou Simmental; EUA: efficience d'utilisation de l'azote

Tableau 1 Performances et qualité de carcasse selon le régime et le croisement

Effets de l'introduction de méteils fourragers dans les rations d'engraissement des jeunes bovins

Effects of introduction of immature cereals-legumes in young fattening bulls' diet

BUTEAU A. (1), MAUGRION P. (2), DAGORN N. (3), CHAUVEAU H. (4)
(1) ARVALIS-Institut du Végétal, Ferme Expérimentale des Bordes, F-36120 Jeu Les Bois
(2) OIER des Bordes, Ferme Expérimentale des Bordes, F-36120 Jeu Les Bois
(3) ARVALIS-Institut du Végétal, 6 chemin de la Côte Vieille, F-31450 Baziège
(4) ARVALIS-Institut du Végétal, station expérimentale de la Jaillière, F-44370 Loireauxence

INTRODUCTION

Les méteils fourragers composés de céréales et de protéagineux récoltés immatures (MCPI) prennent une place de plus en plus importante dans les élevages en recherche d'autonomie protéique et fourragère. Plusieurs études sont actuellement menées sur la valorisation de ces méteils par le cheptel laitier ou allaitant. En revanche, peu d'essais traitent de l'impact de l'introduction de MCPI dans les rations d'engraissement. Pour cela, deux essais ont été mis en place sur la Ferme Expérimentale des Bordes (36) en 2019 et 2020 afin de comparer différents niveaux d'introduction de méteils pour l'engraissement de jeunes bovins mâles (JB).

1. MATERIEL ET METHODES

Une parcelle de MCPI composée de 74 % de céréales (triticale et avoine), 24 % de protéagineux (pois fourrager et vesce commune) et 2 % de diverses a été enrubannée le 13 mai 2019. Le rendement de ce fourrage était de 5,5 tMS/ha à une teneur en matière sèche (MS) de 48,1 %. Le stade de récolte étant assez avancé, la qualité du MCPI a été moyenne (0,77 UFV, 69 g PDIN, 81 g PDIE).

Pour chacun des essais, 60 jeunes bovins ont été répartis en 3 lots dans un dispositif expérimental de type blocs complets équilibrés selon les critères suivants : poids vif (PV), âge, développement musculaire et squelettique, et note d'état corporel. Le 1er essai avait pour but de tester l'introduction de faibles quantités de MCPI (12 à 18 % de la MS ingérée) dans des rations à base de céréales sur des JB limousins. L'introduction de méteil a été augmentée (30 à 50% de la MS ingérée) lors du 2e essai dans les rations à base de céréales sur des JB charolais. Le lot témoin de ces deux essais a reçu une ration sèche (RS) composée de 40 % de blé, 30 % d'orge, 15 % de tourteau de colza et 15 % de paille. L'ensemble de ces rations mélangées ont été distribuées deux fois par jour.

Durant la période expérimentale (début d'essai - premier départ à l'abattoir), les JB ont été pesés tous les 28 jours. Les données d'ingestion ont été collectées par lot. Les animaux ont été engraissés jusqu'à 390 kg carcasse pour les limousins et 430 kg de carcasse pour les charolais. Les données d'abattage ont été fournies par l'abattoir.

2. RESULTATS

2.1. BILAN D'INGESTION

Conso. en kg MS/j/animal	Essai 1			Essai 2		
	RS	MCPI 12%	MCPI 18%	RS	MCPI 30%	MCPI 50%
Enrubannage MCPI		1,1	1,6		2,5	4,8
Paille	1,1	0,3		1,4		
Blé	4	3,8	3,4	4,9	4,2	2,8
Orge	2,6	2,6	2,3	3,3	2,5	1,8
Tourteau de colza	1,3	1,3	1,2	1,4	1,3	1,0
Ingestion totale	9,2	9,2	8,7	11,2	10,6	10,7
Teneur en énergie (UFV/kg MS)	0,98	1,00	1,01	0,99	1,00	0,93
Densité protéique (g PDIN/UFV)	98	100	100	93	97	97

Tableau 1 Bilan de consommation des jeunes bovins sur la période expérimentale. RS : ration sèche – MCPI : Mélange Céréales et Protéagineux récoltés Immatures. Données d'ingestion obtenues par lot.

Seule la ration contenant 50% de MCPI a une densité énergétique inférieure à 0.98 UFV/kg MS ingéré (tableau 1).

L'apport de MCPI dans une ration à base de céréales a permis de diminuer la quantité totale de concentrés consommés : -4 à -44 % de céréales et -3 à -28 % du tourteau de colza.

2.2. PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES

Aucun effet sur les performances des animaux n'a été mesuré lorsque l'introduction de MCPI dans la ration est inférieure ou égale à 30 % de la MS (tableau 2). Seul le lot MCPI 50% a vu ses performances dégradées par rapport au lot témoin : augmentation de la durée d'engraissement de 21 jours *(P<0,05)* et tendance à la diminution de la croissance sur la période expérimentale de 186 g/j *(P=0,07)*. Ceci est cohérent avec la moindre densité énergétique de cette ration.

L'incorporation de MCPI dans les rations permet une diminution du coût alimentaire journalier par rapport à une ration sèche allant de 0,03 €/JB/j pour la ration MCPI 12% à 0,25 €/JB/j pour la ration MCPI 50%. L'économie totale sur le coût d'alimentation d'un JB est comprise entre 4 €/JB (MCPI 50%) et 24 €/JB (MCPI 18%).

	Essai 1				Essai 2			
	RS	MCPI 12%	MCPI 18%	Proba	RS	MCPI 30%	MCPI 50%	Proba
Effectif	19	19	19		20	18	18	
PV déb. essai (kg)	427	418	421	NS	488	481	483	NS
PV fin essai (kg)	543	539	542	NS	714	697	688	NS
Poids abattage	632	629	630	NS	747	741	750	NS
GMQ essai (g/j)	1598	1641	1644	NS	1799	1749	1613	t
GMQ production (g/j)	1640	1633	1658	NS	1776	1600	1723	NS
Durée d'engr. (j)	168	165	162	NS	179a	183ab	200b	*
Poids carcasse (kg)	392	388	390	NS	437	430	436	NS
Rendement (%)	61,7	61,8	61,8	NS	58,5	58,1	58,2	NS
Conformation *(U= : 14 ; R= : 11)*	13,9	13,9	14,1	NS	13,2	12,9	12,9	NS

Tableau 2 Performances zootechniques. RS : ration sèche – MCPI : Mélange Céréales et Protéagineux récoltés Immatures. Durée d'engr. : date moyenne d'abattage - date de début d'essai. * : P<0,05 ; t : P<0,10 ; NS : Non Significatif

3. DISCUSSION – CONCLUSION

L'incorporation d'un MCPI de qualité moyenne dans les rations des jeunes bovins n'a pas eu d'impact sur les performances zootechniques tant qu'il n'a pas dépassé 30 % de la MS ingérée. Au-delà, les performances ont été dégradées. L'introduction de MCPI dans les rations à base de céréales a en revanche toujours permis de diminuer l'utilisation de concentrés par rapport à une ration sèche et de réduire le coût alimentaire. Ces résultats sont concordants avec ceux constatés par Férard et al. (2014) en introduisant de l'herbe conservée dans des rations de JB.

Un MCPI de meilleure qualité (plus de protéagineux et récolte plus précoce) aurait toutefois été plus adapté pour l'engraissement de JB et aurait potentiellement permis des économies plus conséquentes en concentrés.

Les auteurs remercient l'ensemble des personnels de la Ferme Expérimentale des Bordes.

Ferard A., Couffignal M., Carel Y., Grolleau A., 2014. Renc. Rech. Ruminants, 2014, 21.

Quelle part le tourteau de soja importé représente-t-il dans la ration des vaches laitières en moyenne en France ?

Which share does imported soya meal represent in the average diet of dairy cows in France?

ROUILLE B. (1), JURQUET J. (2), BROCARD V. (1), BORE R. (2), HARDY D. (3).
(1) Institut de l'Elevage – Monvoisin, 35652 Le Rheu Cedex, France
(2) Institut de l'Elevage – 2 rue Georges Morel CS 60057, 49071 Beaucouzé cedex, France
(3) Institut de l'Elevage – 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12

INTRODUCTION

Les attentes sociétales sur l'alimentation animale sont de plus en plus nombreuses et peuvent, parfois, devenir des conditions d'accès au marché pour certaines productions. Par exemple, en production laitière bovine et malgré un niveau d'autonomie protéique de 70% en moyenne (Cap Protéines, 2021), des filières interdisant les organismes génétiquement modifiés (OGM) dans l'alimentation des vaches ont vu le jour. D'autres militent pour un arrêt du soja importé responsable de la déforestation transatlantique, notamment au Brésil. Malgré une baisse des importations de soja sous forme de tourteaux de 4,6 millions de tonnes en 2003 à 2,5 millions de tonnes en 2019 (Eurostat, 2022), la diminution de ces importations reste d'actualité pour des raisons environnementales, sociétales mais aussi économiques (Cap Protéines, 2021). Il convient donc de caractériser la place du soja importé dans la ration des vaches laitières en France.

1. MATERIEL ET METHODES

Pour réaliser le calcul de la part de tourteau de soja dans la ration des vaches laitières en France, plusieurs sources ont été utilisées :

- Les flux de matières premières en alimentation animale : quantité de soja importé pour la consommation des animaux d'élevage ainsi que la part qui est consommée par les bovins laitiers (GIS Avenir Elevages, site web),
- Une estimation de la répartition des consommations entre les vaches laitières et les autres animaux sur une ferme,
- L'effectif de vaches laitières en France en 2021 (Idele, 2022),
- L'ingestion moyenne d'une vache laitière en France, en brut (MB) et en matière sèche (MS) (Cniel, FCEL, Idele, 2019).

Les calculs sont proposés en brut et en matière sèche. Le taux de matière sèche du tourteau de soja est fixé à 89%. Plusieurs hypothèses ont été utilisées afin de fournir une fourchette fiable de résultats : hypothèse basse avec 60% du tourteau de soja importé consommé par les vaches laitières (Hb), hypothèse moyenne avec 80% (Hm) et hypothèse haute avec 100% (Hh).

Les résultats des calculs, selon Hb, Hm et Hh, sont disponibles dans le tableau 1. Sur les 3,44 millions de tonnes de tourteaux de soja importés en France, 1,23 millions de tonnes sont consommés par les bovins laitiers. On note que les vaches laitières consomment donc à elles seules entre 0,74 et 1,23 million de tonnes par an, soit 206 à 343 kg de tourteaux de soja importés par vache et par an. D'après l'Observatoire Cniel-FCEL-Idele, une vache consomme en moyenne 58 kg MB chaque jour. Cela correspond à une ingestion moyenne de 20,4 kg MS pour une ration à 35% MS en moyenne. La part de tourteaux de soja importé dans la ration d'une vache laitière est comprise entre 1,0 et 1,6% de la MB ou 2,5 à 4,1% de la MS.

CONCLUSION

Le tourteau de soja, qu'il soit importé ou non, présente un intérêt nutritionnel certain dans la ration des vaches laitières et plus largement des animaux d'élevage. Pour les vaches laitières, la ration est d'abord basée sur les fourrages avec principalement l'herbe sous toutes ses formes et le maïs ensilage. Les concentrés, dont les tourteaux de soja importés viennent donc compléter la ration. Ils représentent une faible part de la ration annuelle d'une vache laitière en France : de 1,0 à 1,6% en MB ou de 2,5 à 4,1% en MS selon l'hypothèse retenue.

Ces travaux ont bénéficié du soutien financier du projet Cap Protéines.

Cap Protéines. 2021. https://www.cap-proteines-elevage.fr/dossier/les-bovins-lait
Cniel, FCEL, Idele, 2019. Que trouve-t-on au menu des vaches laitières françaises. 4 pages.
Eurostat. 2022. https://ec.europa.eu/eurostat/data/database
GIS Elevages Demain, 2018. Flux de matières premières en alimentation animale https://www.flux-biomasse.fr/resultats/sankey_soja_animaux/France
Idele, 2022. Chiffres clés bovins 2021, édition 2022.

2. RESULTATS

En France	Unités	Hb	Hm	Hh
Consommation de tourteaux de soja	Millions de tonnes brutes	3,82	3,82	3,82
Dont tourteaux de soja importés	Millions de tonnes brutes	3,44	3,44	3,44
Part du tourteau de soja importé consommé par les bovins laitiers	%	35,7%	35,7%	35,7%
Consommation de tourteaux de soja importés par les bovins laitiers	Millions de tonnes brutes	1,23	1,23	1,23
Estimation de la part consommée par les vaches laitières	%	60%	80%	100%
Consommation de tourteaux de soja importés par les vaches laitières	Millions de tonnes brutes	0,74	0,98	1,23
Effectif vaches laitières	Millions de têtes	3,573	3,573	3,573
Consommation de tourteaux de soja importés par vache laitière	kg brut/VL	206	275	343
Consommation de tourteaux de soja importés par vache laitière et par jour	kg brut/VL/jour	0,565	0,753	0,941
Ingestion moyenne quotidienne d'une vache laitière	kg brut/VL/jour	58	58	58
Part de tourteaux de soja importés dans la ration d'une vache laitière	%	1,0%	1,3%	1,6%
Consommation de tourteaux de soja importés par vache laitière et par jour	kg matière sèche/VL/jour	0,503	0,670	0,838
Ingestion moyenne quotidienne d'une vache laitière	kg matière sèche/VL/jour	20,4	20,4	20,4
Part de tourteaux de soja importés dans la ration d'une vache laitière	%	2,5%	3,3%	4,1%

Tableau 1 : estimation de la part de tourteaux de soja importés dans la ration moyenne d'une vache laitière en France

Quels niveaux de compétition « feed/food » dans deux fermes expérimentales laitières en Bretagne et Normandie ?

What is the level of feed-food competition of two experimental farms in Brittany and Normandy?

ROUILLE B. (1), CLOËT E. (2), TRANVOIZ E. (2), LEPELTIER F. (3), MORIN L. (3).
(1) Institut de l'Elevage – Monvoisin, 35652 Le Rheu Cedex, France
(2) Chambres d'agriculture de Bretagne, rue Maurice Le Lannou - CS 74223, 35042 Rennes Cedex
(3) Ferme expérimentale La Blanche Maison, 50880 Pont-Hébert

INTRODUCTION

La production laitière sera socialement acceptable demain si elle respecte quatre piliers : l'économie, l'environnement, la valorisation du territoire et la non-compétition dans l'utilisation des ressources. L'efficience de conversion des aliments par les ruminants laitiers permet d'évaluer la compétition entre l'alimentation animale et l'alimentation humaine dans cette utilisation des ressources. Ainsi, la part consommable par l'homme dans les aliments consommés par les animaux et dans les produits animaux (lait et viande) est prise en compte dans cette approche. L'objectif du projet CASDAR ERADAL était de déterminer les efficiences énergétique et protéique pour les principales filières laitières en France, et de proposer des exemples concrets de calcul de ces indicateurs sur des systèmes expérimentaux.

1. MATERIEL ET METHODES

La méthodologie de calcul de l'efficience de conversion des végétaux consommés par les animaux, en produits animaux destinés à l'alimentation humaine a été détaillée et utilisée dans de récents travaux en France et à l'international (Laisse et al., 2018 ; Rouillé et al., 2020 ; Wilkinson, 2011). L'efficience brute est le rapport entre tous les produits animaux (lait et viande) consommables par l'homme et toutes les consommations de produits végétaux consommés par les animaux (fourrages et concentrés). L'efficience nette est ce même rapport mais en ne considérant que la fraction de l'alimentation animale consommable par l'homme. L'efficience nette semble plus adaptée pour évaluer la compétition « feed/food ». Par choix sémantique, le terme « consommable » se réfère toujours à l'alimentation humaine. Les données de quatre systèmes expérimentaux du réseau F@RM XP (Tableau 1) ont été mises à contribution pour réaliser les calculs d'efficience.

Site	Trévarez Bio	Trévarez Conv S1	Trévarez Conv S2	La Blanche Maison
Nb de vaches	57	59	65	90
Race	Croisées	Holstein	Holstein	Normande
% maïs/SFP	9	44	27	20
Surface de pâturage (ares/VL)	20 + 45	15	40	30
g conc brut /litre lait livré corrigé	145	143	124	184
Lait livré (l/VL présente/an)	4450	7551	7167	5918
Années étudiées	2015 à 2020	2014 à 2017	2014 à 2017	2018 à 2020

Tableau 1 : présentation des sites expérimentaux

2. RESULTATS

Le tableau 2 présente les résultats d'efficience des quatre systèmes étudiés sur plusieurs années.

A la ferme expérimentale de La Blanche Maison, les vaches normandes produisent environ 7000 l/VL, à 34,6 de TP et 42,2 de TB et 340 kg de carcasse en moyenne. Elles sont essentiellement amenées par l'herbe, du tourteau de colza et des coproduits. La variation de l'efficience protéique en 2019 est liée à l'utilisation pendant la moitié de l'année du tourteau de soja, dont le prix d'intérêt était à cette période passé au-dessous de celui du tourteau de colza. Le tourteau de soja entre à 60 % en compétition avec l'Homme alors que le tourteau de colza n'y entre pas. A Trévarez, en moyenne, les systèmes étudiés sont producteurs nets de protéines. Pour l'énergie, seuls les systèmes les plus herbagers sont producteurs nets d'énergie pour l'Homme. L'étude sur les 6 années du système bio montre très peu de variabilité dans les résultats, du fait de la part d'herbe qui représente 80 % de la ration des animaux. Sur les systèmes conventionnels, l'étude des années montre des variabilités importantes. La nature du correcteur azoté en explique une grande partie. Le tourteau de colza a été utilisé sur les années 2016-2017, ce qui amène de bien meilleures efficiences que sur les autres années.

Critères d'efficience	**Trévarez Bio**	**Trévarez conventionnel S1**		**Trévarez conventionnel S2**		**La Blanche Maison**		
Années	**2015 à 2020**	**2014/15**	**2016/17**	**2014/15**	**2016/17**	**2018**	**2019**	**2020**
Efficience énergétique brute	0,13 (+/- 0,00)	0,19	0,19	0,18	0,18	0,10	0,11	0,12
Efficience énergétique nette	*1,48* (+/- 0,06)	*0,87*	*0,83*	*1,13*	*1,07*	0,84	1,24	1,17
Efficience protéique brute	0,13 (+/- 0,00)	0,22	0,21	0,20	0,20	0,16	0,16	0,19
Efficience protéique nette	3,75 (+/- 0,72)	2,42	0,89	2,85	1,31	6,80	2,81	6,75

Tableau 2 : efficiences énergétiques et protéiques, brutes et nettes des trois systèmes étudiés

CONCLUSION

Les systèmes laitiers étudiés sont producteurs nets de protéines pour l'alimentation humaine, aussi bien en production conventionnelle que biologique. Ces résultats montrent de la variabilité en fonction de trois critères majeurs :

- La part d'herbe dans la ration des vaches laitières,
- La nature et le volume de concentrés consommés,
- Le niveau de production laitière.

Ces résultats sont en accord avec ceux de Rouillé et al. (2020) et viennent apporter des résultats plus proches des conditions de terrain, démontrant la variabilité inter-annuelle possible.

Le projet ERADAL a bénéficié du soutien financier du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation sur contribution du compte spécial Développement Agricole et Rural.

Laisse S., Baumont R., Dusart L., Gaudré D., Rouillé B., Benoit M., Veysset P., Rémond D., Peyraud J.L., 2018. INRA Prod. Anim., 2018, 31 (3), 269-288
Rouillé B., Bienne F., Le Tiec M., Fança B., Jost J., Bluet B., Morin E., Laurent M., 2020. Renc. Rech. Rum., 25, 198-201
Wilkinson J. M. 2011. Animal, 5:7, 1014–1022

Pâturage hivernal : valeur de l'herbe et croissances de génisses laitières gestantes
Winter grazing : grass nutritive value and growth of pregnant dairy heifers

TROU G. (1), DUPERRET T. (1), IRIEN P. (2), Brocard V. (3), Cloet E. (1), Tranvoiz E. (1)
(1) Chambres d'agriculture de Bretagne - rue Maurice Le Lannou - CS 74223 - 35042 RENNES CEDEX - France
(2) IUT Génie Biologique – 12 rue de Kergoat -29 200 BREST
(3) Institut de l'Elevage, BP85225, 35652 Le Rheu Cdx

INTRODUCTION

L'autonomie alimentaire et notamment protéique des élevages laitiers peut être impactée par le changement climatique. L'évolution climatique offre déjà des hivers plus doux et une persistance de la croissance de l'herbe plus tard en automne voire en hiver dans les régions les plus océaniques (Climalait-zone Cilouest). Cette herbe, si elle est valorisée peut conforter l'autonomie des exploitations. Le pâturage hivernal a été étudié en production ovine ou bovins viande (Pottier et al. 2001, Notes et al. 2010). L'objectif de ce travail est d'apporter des références sur la valeur alimentaire de l'herbe d'automne/ hiver, et d'étudier sa valorisation par des génisses laitières.

1. MATERIEL ET METHODES

Un essai a été réalisé en 2021/2022 à la station expérimentale de Trévarez (29), située en zone de climat océanique, et comportant un troupeau en agriculture conventionnelle et un en agriculture biologique. Douze génisses gestantes Holstein du troupeau conventionnel ont été réparties en 2 lots homogènes (lot 1 et 2). Les parcelles attribuées à chacun des 2 lots étaient comparables et pâturées par ordre croissant de portance et d'herbe disponibles entre le 4/11 et le 9/02. Il s'agissait des parcelles pâturées du printemps à l'automne par les vaches laitières. Cinq génisses gestantes croisées Holstein/Normande/Jersiaise, du troupeau bio (lot 3) ont pâturé sur un autre site, entre le 2/12 et le 31/01, selon le même principe. Avant l'essai, les 3 lots pâturaient d'autres parcelles depuis le printemps et ont eu une croissance moyenne de 690 g/j. Pour tous les lots, le pâturage tournant a été conduit dans l'objectif d'une sortie à 4 cm (mesure herbomètre). Aucun apport de fourrage complémentaire n'a été réalisé. Un échantillon a été prélevé avant chaque entrée de paddocks pour les lots 2 et 3. Les ingestions d'herbe (MSIp) et les croissances (GMQp) **potentielles** des animaux ont été prédites à partir des capacités d'ingestion des génisses et des valeurs d'encombrement de l'herbe, selon les équations INRA 2018 (logiciel Ruminal®). Les ingestions **réelles** (MSIr) ont été estimées à partir des croissances **réalisées** (GMQr), les animaux ayant été pesés en début et fin d'essai. L'objectif de GMQ est défini selon le poids visé à 24 mois (635 kg en Holstein, 550 kg pour les croisées).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Pendant l'essai, la pluviométrie a été de 238 mm et les températures moyennes de 7 °C dont 7 j de gel. La teneur en matières azotées totales (tableau 1) est élevée (>16% pour toutes les parcelles). D'après les équations INRA 2018, la MSIp est de 10,9 et 9,8 kg MS / j /génisse pour les lots 2 et 3, avec des GMQp de 1200 g/j. Or les GMQr des 3 lots sont inférieurs aux GMQp mais conformes aux objectifs (tableau 2). Selon les GMQr, les MSIr seraient de 9,1kg MS (-17% par rapport à MSIp) pour le lot 2 et 7,2 kg MS /j/génisse (-26%) pour le lot 3, soit une valorisation de l'herbe estimée à 469 kg MS /ha (lot 2) et 525 kg MS/ha (lot 3), pour respectivement 3 et 2 mois de pâturage. Les besoins d'entretien peuvent aussi être accrus par l'hivernage extérieur comme indiqué pour des vaches allaitantes (Inra 1988).

/ kg MS	Lot 2 conventionnel	Lot 3 bio
% de légumineuses	3±18	4,5%±10
% MS	13±2	15±2
% CB	26±4,5	24±5
% MAT	**21±2**	20±4,2
DMO Inra 2018	71±4,8	71±4,6
UFL Inra 2018 UFV Inra	**0,90±0,1** 0,84±0,1	**0,90±0,1** 0,80±0,1
PDI g/kg MS	**101±6,5**	**93±11**
BPR / kg MS	**68±16**	**54±32**
UEB UEL	**0,98±0,06** 0,99±0,04	**1,0±0,1** 1,0±0,0

Tableau 1 Analyses d'herbe : résultats médians (±écart type)

CONCLUSION

Les valeurs alimentaires de l'herbe en hiver en font un fourrage digne d'intérêt. En 2021/2022, avec une météo assez favorable, le pâturage réalisé selon les modalités présentées n'a pas présenté de difficultés particulières apparentes pour les animaux ou les parcelles. Toutefois les raisons des croissances des génisses plus faibles que celles prédites doivent être approfondies. Le piétinement, la croissance de l'herbe, l'évolution de la flore, l'impact sur la pousse de l'herbe au printemps suivant, et la répétabilité des résultats sur plusieurs hivers et plus d'effectifs, seront également étudiés et comparés à des parcelles similaires non pâturées en hiver.

Cette étude a bénéficié du financement du plan de relance du gouvernement français dans le cadre du projet Cap Protein.

Inra, 1988, Alimentation des bovins, ovins, caprins, Editions Inra
Inra, 2018. Alimentation des ruminants, Editions Quae, France, 728p.
Note P. Et al., 2010. Renc. Rech. Ruminants, 17, 62
Pottier E. et al. , 2001. Fourrages- 167, 287-310r

	Lot 1 _ conventionnel	Lot 2_ conventionnel	Lot 3_ Bio
Poids moyen en début d'essai (kg) (écart type)	**492±52**	**488±49**	**460±48**
Age (mois) en début d'essai (Min-max)	**19 (17 à 20)**	**19 (17 à 20)**	**20 (18 à 21)**
Stade de gestation (mois) en début d'essai	4,0	4,1	4,8
Nb de paddocks	12	9	4
Taille moyenne des paddocks (ha)	1,3 (1 à 1,5)	1,3 (1 à 1,5)	0.96 (0,9 à 1)
Temps de séjour moyen / paddocks (j) (Min-max)	8,2 (2 à 17)	10,8 (5 à 17)	15 (10 à 20)
Chargement instantané moyen (UGB/ha)	2,9 (2,4 à 3,3)	**2,9 (2,4 à 3,6)**	2,8 (2,5 à 3,3)
Moyenne instantanée de Poids vifs (kg) / ha	2 656	2 626	2 223
Poids moyen en fin d'essai (kg)	**591±60**	**576 ±47**	**497±59**
GMQ réalisé (GMQr) moyen (g/j)	**1019**±197	**907**±132	**663**±132
GMQ Objectif (g/j) d'après poids visé à 24 mois	850-950	850-950	600-700

Tableau 2 Caractéristiques moyennes des lots de génisses, des parcelles et résultats de croissance sur l'hiver 2021/2022

Etude de la dégradabilité ruminale de l'amidon et des protéines du maïs épi ensilé
Study of starch and protein ruminal degradability of corn snaplage

CHAUVEAU H. (1), HODE D. (1), BOISNEAU A. (1), PIRAUBE E. (2)
(1) ARVALIS-Institut du Végétal, Station expérimentale de la Jaillière, F-44370 Loireauxence
(2) GERM-SERVICES, 23 chemin de Pau, F-64121 Montardon

INTRODUCTION

La valeur nutritive de l'ensilage de maïs épi a été peu étudiée, en particulier la cinétique de dégradation de cet aliment dans le rumen ainsi que sa variabilité présumée liée à divers facteurs : stade de maturité, part de grains dans l'épi, génétique, conditions pédoclimatiques et durée de conservation. INRAE propose une référence pour cet aliment dans les tables (INRA 2018). Un essai a donc été mis en place sur la station expérimentale ARVALIS Institut du végétal de la Jaillière afin d'acquérir des références sur la cinétique de dégradation de la matière sèche (MS) et ses composantes (amidon, protéines) du maïs épi ensilé.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 BASE DE DONNEES DE COMPOSITION

Une base de données de 408 analyses de composition chimique de maïs épi ensilé issues de mesures réalisées par le laboratoire Germ-Services et Arvalis entre 2010 et 2021 a été analysée en comparaison du référentiel INRAE.

1.2 L'ESSAI IN SACCO

Des prélèvements de maïs épi ont été réalisés à la récolte sur 5 parcelles en 2019 et en 2020. Les échantillons ont été conservés par ensilage en bocaux durant 60 et 180 jours.
Un essai sur animaux a été mené sur la station de la Jaillière. La dégradabilité ruminale de la MS, de l'amidon et de la MAT a été mesurée selon la méthode des sachets de nylon pour 7 temps d'incubation dans le rumen (0, 2, 4, 8, 24, 48 et 72 h) avec 6 répétitions (3 vaches ; 2 séries). La dégradabilité théorique de la MS (DT_6_MS), de l'amidon (DT_6_AMI) et de l'azote (DT_6_N) a été calculée par la méthode pas à pas pour un taux de sortie du rumen de 6 %.h^{-1}. La dMO a été estimée à partir de la dMO *in sacco* prédite avec les paramètres ajustés sur maïs fourrage (Férard *et al*., 2014).
L'effet de la conservation sur la dégradabilité a été analysé avec une ANOVA contenant les effets année de récolte et durée de conservation. La valeur nutritive a ensuite été calculée à partir des équations INRA 2018 avec les paramètres mesurés *in sacco*.

2. RESULTATS

2.1 COMPOSITION CHIMIQUE DU MAÏS EPI

Les teneurs en MS et en amidon observées dans la base de données sont supérieures au référentiel INRAE, et les teneurs en fibres inférieures. Ceci suggère que les pratiques de récolte sont plus tardives et/ou que le ratio grains/épi est plus élevé dans les élevages (Tableau 1).

	Moyenne	Ecart-type	INRA 18
Teneur MS (%)	58,9	6,2	53,0
Cendres (g/kg MS)	20	9	19
Amidon (g/kg MS)	575	62	560
MAT (g/kg MS)	79	8	83
NDF (g/kg MS)	219	38	318
ADF (g/kg MS)	98	27	104
CB (g/kg MS)	78	21	90
DCS (%)	86,2	4,3	

Tableau 1 : Composition chimique du maïs épi (n=408 analyses)

2.2 DEGRADABILITE RUMINALE DU MAÏS EPI

La composition chimique des échantillons de maïs épi a été distincte entre les 2 années (2019 : 47,9 % amidon, 27,5 % NDF, 8,9 % MAT ; 2020 : 54,9 % amidon, 23,0 % NDF, 7,4 % MAT). Un effet significatif du cru de maïs épi a été observé sur l'ensemble des critères mesurés ou calculés dans le tableau 2. La maturité du grain plus avancée et la plus faible teneur en grains en 2019 par rapport à 2020 a significativement diminué la dégradabilité de la MS de 14,8 pts (*P<0,001*). Celle de l'amidon a été diminuée de 13,6 pts (*P<0,001*) et celle de l'azote de 11,6 pts (*P<0,001*). Le plus faible ratio grain/épi en 2019 a pénalisé la teneur en énergie de 0,13 UFL/kg MS (*P<0,001*).
Entre la récolte et 60 jours de conservation par ensilage (n=3 comparaisons), la dégradabilité de la MS a augmenté de 13,2 pts (*P<0,01*), celle de l'amidon de 17,8 pts (*P<0,01*) et celle de l'azote de 27,0 pts (*P<0,001*).
Entre 60 et 180 jours de conservation par ensilage (n=5 comparaisons), la dégradabilité de la MS a augmenté de 7,1 pts (*P<0,01*), celle de l'amidon de 10,2 pts (*P<0,01*) et celle de l'azote de 9,4 pts (*P<0,01*). L'augmentation de la DT_6_AMI de 0,085 pt par jour de conservation est supérieure à celle observée sur maïs plante entière (Férard et al., 2016). Bien que la MS soit plus rapidement dégradable après 180 jours de conservation, la valeur énergétique du maïs épi ne semble pas modifiée entre 60 et 180 jours de conservation.

Durée de conservation	60 j (n=5)	180 j (n=5)	Pv(durée)	ETR
Dég. MS 4h (%)	48,0	57,2	*	4,4
Dég. MS 48h (%)	85,0	85,9	NS	1,1
DT_6_MS (%)	58,4	65,5	**	3,1
DT_6_AMI (%)	72,4	82,6	**	3,4
DT_6_N (%)	68,5	77,9	**	2,9
dMO in sacco (%)	76,2	77,1	NS	1,1
MOF (g/kg MS)	554	589	*	20
UFL (/kg MS)	1,04	1,05	NS	0,02
PDI (g/kg MS)	72	68	**	1
BPR (g/kg MS)	-38	-34	NS	4

Tableau 2 : Dégradabilité ruminale et valeur nutritive du maïs épi

3. DISCUSSION – CONCLUSION

Cette étude a mis en avant la forte variabilité de composition chimique et de valeur nutritive du maïs épi ensilé malgré le nombre restreint de modalités testées. Les conditions pédoclimatiques, le stade de maturité du grain et la durée de conservation semblent avoir un impact significatif sur la cinétique de dégradation de la MS, de l'amidon et de l'azote. La faible dégradabilité de l'amidon constatée sur des maïs épi récoltés à des stades tardifs confirme la nécessité d'appliquer un éclatement intense (rouleaux éclateurs en bon état et serrés au maximum) sur les grains, dont la proportion d'amidon vitreux est généralement très élevée. La forte augmentation de la MS rapidement dégradable avec la durée de conservation implique de le prendre en compte pour le rationnement des ruminants, à l'instar du maïs fourrage plante entière. Des essais complémentaires seront nécessaires afin de préciser ces effets et d'explorer l'impact du type de grain sur les paramètres de dégradabilité, puis proposer une prédiction de valeur nutritive pour cet aliment.

Les auteurs remercient le personnel de la Jaillière ayant contribué à l'essai.

Férard et al., 2014. Actes Journées AFPF, 156-157
Férard A. et al., 2016. 17th ICFC, 157-158.
INRA, 2018. Ed. Quae, 728

Utilisation de graines de soja toastées dans les rations pour vaches laitières
Used of toasted soybean in feed of dairy cows

CHAPUIS D. (1), BERCHOUX A. (2), BORE R. (2), MEURISSE S. (2), GUILLIER M. (3), DEMARBAIX A. (1)
(1) Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire - Gué de Nifette, 71150 Fontaines
(2) Institut de l'Elevage – 149 rue de Bercy 75012 Paris
(3) Chambre d'agriculture Grand Est - route de Suippes 51000 Chalons en Champagne

INTRODUCTION

En zone de polyculture élevage, l'alimentation des vaches laitières est très souvent basée sur l'ensilage de maïs, riche en énergie mais nécessitant une correction azotée significative. La valorisation de graines d'oléo protéagineux autoproduites ou françaises peut être une alternative aux tourteaux de soja importés. Or, ces graines peuvent nécessiter un traitement thermique, le toastage par exemple, pour réduire les facteurs antinutritionnels et l'excès d'azote soluble (Kaysi et Melcion, 1992). Dans ce contexte, trois essais ont été réalisés entre 2019 et 2022 sur trois fermes de lycées agricoles où l'effet de l'incorporation de graines de soja toastées broyées (GST) dans la ration de vaches laitières (VL) a été évalué.

1. MATERIEL ET METHODES

Essai 1 (**Soja)** au lycée agricole de la Barotte (21) en 2019 avec introduction de 2,6 kg brut/VL/jour de GST en substitution totale au tourteau de soja 48 (TS). 40 VL étaient en essai. **Essai 2 (Colza1)** au lycée agricole de Rethel (08) en 2021 avec introduction de 1,1 kg brut/VL/jour GST en substitution partielle au tourteau de colza (TC). 52 VL étaient en essai. **Essai 3 (Colza2)** au lycée agricole de Fontaines (71) en 2022 avec introduction 3 kg brut/VL/jour de GST en substitution totale au TC. 50 VL étaient en essai. Pour les trois essais, les VL ont été réparties en deux lots homogènes (témoin (T) et expérimental (E)) avec appariement sur critères de date de vêlage, de production laitière, de taux, rang de lactation et de race. Le dispositif incluait 9 à 10 semaines d'essai et 2 semaines pré-expérimentales qui servaient de covariable. La production laitière, les taux butyreux (TB) et protéique (TP), l'urée et le taux cellulaire ont été mesurés chaque semaine et l'ingestion par lot quotidiennement..

	Soja		**Colza1**		**Colza2**	
%	**T**	**E**	**T**	**E**	**T**	**E**
EM	37	34	22	23	48	50
EH/ETr	0/14	0/13	/	/	22	23
F/Fluz	7/13	7/12	8/8	8/8	8	6
Bett	/	/	9	9	/	/
Copr	/	/	34	34	/	/
TS/TC	7/0	/	0/11	0/5	0/14	0/0
GST	/	11	/	5	/	14
CEner	14	14	/	/	7	8
VL18	7	8	7	7	/	/
CMV	1	1	1	1	1	1
MG	1,2	3,4	2,5	3,3	2,0	4,4
IC	23,0	23,6	20,7	20,3	22,1	22,2

Tableau 1 : composition des rations en pourcentage de matière sèche
*EM : ensilage de maïs, F : foin de prairies, FLuz : foin de luzerne, ETr : enrubannage de trèfle, EH : ensilage d'herbe CEner : concentré énergétique, VL18 : aliment de production, TS : tourteau soja, TC : tourteau colza, Bett : betterave fourragère, Copr : mélanges de coproduits, MG : matière grasse, IC : ingestion constatée (kg MS)

2. RESULTATS

Ecart	Soja	Colza1	Colza2
	E-T	E-T	E-T
LAIT (kg)	+2,3^{b}	-0.9	+3,0^{c}
TB (g/kg)	-1,6^{b}	-0.9	-1,9^{c}
TP (g/kg)	-1,3^{a}	-1.9^{c}	-3,3^{c}

Tableau 2 : Résultats techniques des 3 essais
a : Pvalue<0,05 ; b : Pvalue<0,01 ;c : Pvalue<0,001

Avec une substitution totale, la production laitière est significativement supérieure et le TB est significativement inférieur. Dans l'essai colza1, l'apport de 1,1 kg ne suffit pas à maintenir la production. La baisse de TP est significative pour les trois essais et la baisse est d'autant plus marqué lorsque les graines de soja se substitue totalement tourteau de colza. Cette baisse est proportionnelle à la quantité de GST distribuée. Economiquement, en fonction des essais et du contexte annuel, le surcout de ration varie entre 3 et 11 €/1000L. La marge alimentaire (MA) baisse de 25 € à 8 € / 1000L en intégrant la baisse du prix du lait.
Les deux lots ont gagné respectivement 0.25 points de notes d'état corporel (NEC) sur la durée de l'essai.

3. DISCUSSION

Le gain de production des essais 1 et 3 s'explique par l'apport de matière grasse supplémentaire (Legarto et Beaumont, 2006). La quantité de matière produite étant identique, la baisse du TB se fait par dilution. Malgré une concentration en UFL plus élevée dans les lots expérimentaux, la baisse du TP peut être expliquée par le déficit en méthionine de la graine de soja par rapport au colza (- 13 % d'apport dans l'essai 3), (Jurquet et al., 2019). Par ailleurs, l'analyse des acides aminés (aa) n'a pas démontré un effet du toastage sur la composition en aa et sur le rapport Lysdi/Metdi. La valorisation du TB et du TP permet un prix de vente plus important pour les lots témoins. La MA est donc impactée malgré une production plus importante. Le coût du toastage (55 €/T) et de l'aplatissage (20 €/T) impactent également le coût de ration.

CONCLUSION

Dans les conditions de ces 3 essais, la substitution du tourteau par les GST est techniquement réalisable. La limite se trouve néanmoins dans la diminution des taux, bien valorisées dans certaines filières. On retrouve un intérêt économique lorsque l'écart entre le prix d'achat du tourteau et celui de la graine de soja est important (filières Non-OGM, France, Bio). Une substitution même partielle contribue à plus d'autonomie protéique.

Remerciements aux équipes des Lycées, à DATA'STAT d'IDELE, aux partenaires et financeurs des projets.

Jurquet,J. et al., 2019. Effet du toastage de graines protéagineuses sur les performances de vaches laitières.
Kaysi, Y. and Melcion, J-P. 1992. INRA Prod. Anim., 5, pp. 3-17.
Legarto, J.et Beaumont, B.2006. Détermination des seuils d'incorporation de la graine de soja crue dans l'alimentation des vaches laitières.

Effet du toastage de graines de soja sur les performances laitières de vaches laitières
Effect of toasted soybean on dairy cows milk performances

BERCHOUX A. (1), DUVAL M. (1), GUILLIER M. (3), HERMANT E. (4), LEGRIS M. (1), JOUFFROY M. (1)
(1) Institut de l'Elevage – 149 rue de bercy, 75012 Paris
(3) Chambre d'agriculture Grand Est - route de Suippes 51000 Chalons en Champagne
(4) Lycée agricole de Rethel – route de Novion 08300 Rethel

INTRODUCTION

La fluctuation du cours des matières premières et le développement de démarches de différenciation amènent les éleveurs à revoir leurs stratégies d'approvisionnement en protéines et à accroître leur autonomie protéique pour nourrir les animaux. Le recours à des protéagineux peut être une alternative au tourteau de soja importé. Or, ces graines se caractérisent par une dégradabilité ruminale de l'azote élevée et présentent une dégradabilité théorique de l'azote comprise entre 80 et 85 % (Poncet et al., 2003). La protection des protéines par le recours à un traitement thermique permettrait de réduire la vitesse de dégradation de l'azote et ainsi d'accroître la part de protéines digestibles dans l'intestin (PDI) par l'augmentation de la part de protéines digestibles d'origine alimentaire (PDIA) (Akbarian et al., 2014). Plusieurs procédés thermiques se développent dont le toastage à la ferme qui a été testé sur les vaches laitières de la ferme du lycée agricole de Rethel (08) dans le cadre du projet GO PEI ARPEEGE.

1. MATERIELS ET METHODES

Les graines de soja, produites dans les Ardennes, ont été toastées entières par un toasteur mobile à la ferme. Les graines ont été broyées et introduites dans la ration de vaches laitières au cours d'un essai conduit en début d'année 2022. Les vaches laitières étaient réparties en deux lots (lot témoin (T) et lot expérimental (E)) en blocs complets et équilibrés. Le dispositif débutait par une période pré-expérimentale de deux semaines, suivie d'une période expérimentale de dix semaines. La ration témoin était composée de 45 % d'ensilage de maïs, 18 % d'ensilage d'herbe, 11 % de betteraves fourragères, 11 % de tourteau de colza, 8 % de graines de soja crues, 6 % de VL23, 0,9 % de CMV et 0,1 % d'urée sur la matière sèche. La ration expérimentale substituait les graines de soja crues par la même proportion de graines de soja toastées. La dégradabilité enzymatique 1 heure (DE1) est une méthode d'évaluation de la quantité d'azote dégradée dans le rumen au bout d'une heure par rapport à la quantité d'azote initiale. Elle a été analysée sur les graines de soja crues et toastées par le laboratoire Agronomique Normand. Pour chaque vache laitière, la production laitière (LB), les taux protéiques (TP) et butyreux (TB) et le taux d'urée ont été mesurées chaque semaine. Les notes d'état corporel (NEC) ont été évaluées en début et fin d'essai. L'ingestion par lot a été mesurée quotidiennement. Une analyse de la covariance sur les données moyennes de la période expérimentale, avec covariable à partir de la période pré-expérimentale, a été réalisée à partir du logiciel R (R Core Team, 2020).

2. RESULTATS

2.1. UNE REDUCTION DE LA DEDGRADABILITE ENZYMATIQUE AVEC LE TOASTAGE

Les graines de soja toastées ont une DE1 de 32 % contre 83 % pour les graines de soja crues. Les valeurs calculées en balance protéique du rumen (BPR), PDI et PDIA ont évolué respectivement de – 64 g/kg MS (- 23 %), + 48 g/kgMS (+ 49 %) et + 51 g/kg MS (+ 123 %)

2.2. UNE AUGMENTATION DE LA SYNTHESE DE MATIERE PROTEIQUE NON REPERCUTEE SUR LE TP

Le procédé testé n'a pas eu d'effet significatif sur LB et TB. La quantité de matière protéique (MP) du lot E a augmenté de 19,0 g/j et cette différence a été significativement supérieure à celle du lot T (P<0,05). Cette augmentation ne s'est pas répercutée sur le TP, qui n'a pas différé selon le lot. Le taux d'urée du lait ainsi que la note d'état corporel des animaux n'ont pas varié selon le traitement. L'ingestion moyenne sur la période d'essai est restée similaire entre les 2 lots, de l'ordre de 18,3 kg de MS/j.

3. DISCUSSION

Selon le système d'alimentation INRA 2007, le toastage a permis une hausse des apports théoriques en PDIE de la ration du lot E de 109 g/j par rapport à la ration du lot T. Avec une efficience marginale des PDI estimée à 20 % (Brun-Lafleur, 2010), la réponse attendue sur la production de MP est de + 21,8 g/j. Cela est cohérent avec les observations faites dans cet essai et avec la quantité de MP attendue calculée par le système d'alimentation INRA 2018. Cette hausse de MP ne suffit toutefois pas à faire évoluer le TP, ce qui est en accord avec les résultats obtenus par d'autres auteurs (Mogensen et al., 2008). Avec un prix du lait payé identique entre les 2 lots, le coût alimentaire supérieur de 4,1 €/1000 L pour le lot E, conduit à une marge alimentaire inférieure pour le lot E.

CONCLUSION

Bien que le toastage améliore la valeur nutritive des graines de soja en réduisant la dégradabilité de l'azote dans le rumen, cet essai n'a pas démontré d'effet de ce procédé sur la production laitière et les taux de matière utile (TB et TP). La faible efficience marginale des PDI pour des rations dont le rapport PDI/UFL est équilibré peut expliquer cette absence d'effet. L'intérêt technico-économique du toastage dans cet essai n'a pas été démontré.

Merci au lycée de Rethel, aux partenaires techniques et financiers (FEADER et Conseil Régional Grand Est) du projet ARPEEGE.

Akbarian A. et al, 2014. Liv. Sci. 168, 45-22
Brun-Lafleur L. et al, 2010. J. Dairy Sci. 93:4128–4143
Mogensen L. et al., 2008. Liv. Sci. 115, 249-257
Poncet C., Rémond D., Lepage E., Doreau M., 2003. Fourrages, 205-229
R Core Team, 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

	Témoin (T)	Différence E-T
Effectifs	2 x 25	
Ingestion (kg MS/VL/j)	18,3	+0,1
Lait brut (kg)	20,6	+ 0,6 (NS)
Taux butyreux (g/kg)	45,4	+ 0,7 (NS)
Taux protéique (g/kg)	35	+ 0,4 (NS)
Matières protéiques (g)	709	+ 19 (S)
Taux d'urée (mg/kg)	166	+ 4
Note d'état corporel (NEC)	2,5	- 0,1

Tableau 1 : Effet du toastage des graines de soja sur les performances des vaches laitières / (NS) : non significatif ; (S) : significatif (P<0,05).

Méthodes et référentiels partagés pour calculer l'autonomie protéique des élevages herbivores

Shared methods and references to calculate protein autonomy of herbivore breedings

JOUFFROY M. (1), LIOY R. (2), ECHEVARRIA L. (1), REDING E. (4), BATTHEU C. (5), BERCHOUX A. (1)
(1) Institut de l'Élevage (Idele), Laxou et Lyon, France
(2) CONVIS s.c., Ettelbruck, Luxembourg
(3) Association Wallonne des Éleveurs (AWE), Ciney, Belgique
(4) Centre Wallon de Recherches Agronomiques, Libramont, Belgique

INTRODUCTION

L'autonomie protéique correspond à la proportion de protéines issues des fourrages et concentrés consommées par les animaux de l'exploitation et qui sont produites sur la ferme (Rouillé B. et al., 2014). Le projet Interreg VA AUTOPROT vise à améliorer la compétitivité des exploitations laitières de la Grande Région en augmentant leur autonomie protéique. Pour cela, les principes méthodologiques de calcul de l'autonomie protéique des partenaires ont été examinés. Deux approches spécifiques ont été comparées, l'une basée sur les besoins en matière azotée totale (MAT), l'autre sur l'ingestion du troupeau.

1.MATERIEL ET METHODES

Au total, 217 fermes ont été suivies dans le cadre du projet et leur autonomie protéique a été évaluée suivant les deux méthodes étudiées et décrites ci-dessous.

1.1 APPROCHE PAR L'INGESTION DU TROUPEAU

Cette première méthode, utilisée par Idele, évalue l'autonomie protéique en comptabilisant les aliments (fourrages et concentrés) produits sur l'exploitation par rapport à la totalité des aliments ingérés par les animaux (Rouillé B. et al., 2014). Elle se décline à l'échelle de l'exploitation ou de l'atelier.

$$\text{Autonomie protéique (\%)} = \frac{\text{Aliments consommés et produits sur l'exploitation (g MAT)}}{\text{Aliments consommés par les animaux de l'exploitation (g MAT)}}$$

Premièrement, la matière sèche totale ingérée (MSI) en fourrages pour l'ensemble du troupeau est estimée suivant la production laitière, le poids vif, la quantité de concentrés ingérés, la valeur UFL des fourrages (Idele, 2010). A cette donnée est déduite la MSI en fourrages conservés en prenant en compte les variations de stocks, les achats, récoltes et vente. Par différence, la MSI en herbe pâturée ingérée est obtenue. Ensuite, par type d'aliment concentré, la quantité brute consommée est calculée suivant la même méthode que les fourrages conservés. La quantité de matière sèche en fourrages et concentrés ingérée par les animaux est ensuite convertie en MAT (g/kg) suivant les tables INRA 2018. L'autonomie peut être ainsi calculée par le rapport entre les aliments ingérés et produits sur l'exploitation et l'ensemble des aliments ingérés.

1.2. APPROCHE PAR LES BESOINS DU TROUPEAU

La deuxième méthode, utilisée par l'AWE et la Convis, évalue l'autonomie en calculant les besoins en protéines des animaux desquels sont déduites les protéines issues des aliments achetés (Lioy R. et al., 2020). Les données utilisées s'expriment en grammes de matière azotée digestible (gMAD).

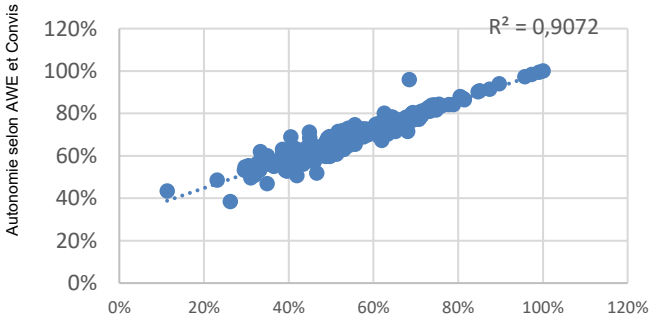
$$\textit{Autonomie en protéines (\%)} = \frac{\overbrace{(\textit{Besoins d'entretien} + \textit{besoin de production})}^{\text{Valorisation de la protéine de la ferme}} - \textit{Achats d'aliments}}{(\textit{Besoins d'entretien} + \textit{besoin de production})} \; x\,100$$

Premièrement, les besoins d'entretien journaliers sont définis en fonction du poids et de la catégorie de l'animal à partir d'abaques (Flachowsky et al., 2001). Les besoins de production sont calculés sur la base des produits lait et viande sortant de l'exploitation. Ensuite, les quantités d'aliments achetés sont issues de la comptabilité. La quantité de protéines achetées est calculée pour chaque aliment en multipliant sa teneur en azote par la quantité de matière sèche distribuée au cours de l'année. Les contributions de chaque aliment sont ensuite sommées en appliquant le facteur 6,25 pour passer de l'azote à la protéine.

2.RESULTATS ET DISCUSSION

L'approche de l'autonomie selon Idele mesure la protéine réellement produite sur la ferme. Elle met en évidence la capacité de l'exploitation à produire ses propres protéines. Or, elle est exigeante en quantité de données à collecter sur les exploitations. La méthode utilisée par AWE et CONVIS donne une estimation de la valorisation des protéines par les animaux au cours du processus de production. Elle nécessite un suivi allégé des exploitations car elle mobilise uniquement les données comptables. Sa limite réside dans le fait qu'elle considère qu'il n'existe aucune perte sur les aliments achetés. Les résultats du calcul de l'autonomie en protéines obtenus avec les deux méthodes montrent un fort degré de corrélation (R^2=0,91, cf. fig. 1). La différence entre les deux méthodes de calcul permet d'estimer la différence entre l'ingestion et les besoins en MAT, soit les protéines qui ne seraient pas valorisées par le troupeau. Elles sont donc potentiellement perdues ou gaspillées (Battheu et al., 2021). Cet excédent de protéines a été estimé à 30 % +/- 6 % pour les exploitations conventionnelles et à 39 % +/- 5 % pour les fermes conduites en agriculture biologique. Néanmoins, ces chiffres varient suivant les systèmes de production.

Figure 1 Corrélation entre les deux approches de l'autonomie



CONCLUSION

Les méthodes existantes permettent de calculer l'autonomie protéique à différentes échelles (atelier ou exploitation) suivant les données disponibles et la régularité du suivi de l'exploitation. Le calcul de l'excédent de protéines dans la ration sur la base d'une combination des deux méthodes peut être une méthode pertinente pour sensibiliser les éleveurs à une utilisation plus efficiente des protéines présentes sur leur exploitation.

Les auteurs remercient les organismes, éleveurs partenaires du projet AUTOPROT et les financeurs qui ont permis d'obtenir les présents résultats.

Battheu C., Lioy R., Reding E., Echevarria L., Berchoux A., Hennart S., Mathot M., Decruyenaere V., Stilmant D. 2021, EAAP.
Flachowsky G., Jeroch H., Kirchgeßner M., Pallauf J., Pfeffer E., Schulz E., Staudacher W. 2001, DLG-Verlag.
Institut de l'élevage. 2020. 262pp.
Lioy R., Berchoux A., Hoffmann M., Reding E., Battheu C. 2020. Disponible sur : https://www.autoprot.eu/.
Rouillé B., Devun J., Brunschwig P. 2014, OCL

Augmentation de la production laitière et du taux protéique du lait de vaches supplémentées en méthionine rumino-protégée

Greater milk yield and protein content of milk from cows supplemented with rumen protected methionine

CADUDAL B. (1), GUYADER J. (2), LEPOUDERE M. (3), HOARAU M. (3), PARYS C. (2), BAUER L. (2)
(1) ASC Synergy, Rostevel, 56400 Brech, France
(2) Evonik Operations GmbH, Rodenbacher Chaussee 4, 63457 Hanau, Allemagne
(3) Evonik Operations GmbH, 2 rue au Duc, 35000 Rennes, France

INTRODUCTION

La méthionine (Met) est considérée comme le premier acide aminé limitant dans la majorité des rations de vaches laitières. En effet, la faible concentration en Met des protéines microbiennes couplée à la faible teneur en Met des protéines végétales communément utilisées en élevage entraine une déficience métabolique de cet acide aminé essentiel pour la synthèse protéique et la production d'antioxydants. Par conséquent, une supplémentation en Met métabolisable permet dans la majorité des cas de soutenir les performances laitières des vaches hautes productrices. Patton (2010) a d'ailleurs démontré par une méta-analyse d'essais publiés les effets bénéfiques de l'apport de méthionine rumino-protégée sur la production laitière et le taux protéique. L'objectif de la présente étude était de confirmer ces effets dans deux élevages commerciaux.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. DESCRIPTION DES ELEVAGES ET RATIONS

Les essais ont été conduits en France dans deux élevages situés dans le département de La Somme (Essai 1) et du Morbihan (Essai 2). Au cours de l'essai 1, deux groupes de 22 vaches Holstein multipares (84 jours de lactation et 40,7 kg de lait en début d'essai) ont reçu pendant 3 mois une ration à base d'ensilage de maïs (59% fourrage et 15,6% de protéines dans la MS) seule ou supplémentée avec 16 g de Mepron® (Evonik, méthionine rumino-protégée contenant 85% DL-méthionine). Pour l'essai 2, 58 vaches Holstein multipares (118 jours de lactation et 33,3 kg de lait en début d'essai) ont reçu pendant 3,5 mois une ration à base d'ensilage de maïs (75% fourrage et 15,1% de protéines dans la MS) supplémentée avec 16 g de Mepron®.

1.2. MESURES ET ANALYSE DES DONNEES

Dans les deux élevages, la production laitière individuelle des vaches ainsi que les taux butyreux et protéiques ont été mesurés mensuellement par le Contrôle Laitier.
Pour l'essai 1, les résultats laitiers mesurés la semaine précédant le début de la supplémentation ont été utilisés comme covariable dans le modèle statistique (R, version 3.6.1). Un modèle linéaire mixte incluant le traitement, le mois et leur interaction en effets fixes a été appliqué.
Pour l'essai 2, les résultats laitiers observés pendant la supplémentation ont été comparés statistiquement aux valeurs prédites (INRA, 2018) avec un test T pour données appariées. Les performances mesurées avant la période de supplémentation ont permis d'ajuster les valeurs maximales de production laitière, taux butyreux et taux protéique potentiels.

2. RESULTATS

2.1. ESSAI 1

En moyenne, la supplémentation en Methionine rumino-protégée (Mepron®) a significativement augmenté la production laitière de 1 kg/j (P = 0,044). Cet effet positif était particulièrement visible après 2 mois de supplémentation (+ 2,1 kg de lait/j). Les taux butyreux et protéique du lait étaient similaires entre les traitements, mais la production de matière protéique était significativement supérieure pour le lot supplémenté en Mepron® après 2 mois de supplémentation (+93 g/j, P = 0,035).

2.1. ESSAI 2

La production laitière a été augmentée pendant la supplémentation en Mepron® avec une différence de 2,6 kg/j entre les valeurs observées et prédites après 2 mois de supplémentation (P < 0,001). Le taux protéique était également plus élevé pendant la supplémentation en méthionine (+0.17% en moyenne, P < 0,001 ; Figure 1). Cet effet positif peut clairement être attribué à la supplémentation en Mepron® au vu de l'absence de différence entre les taux protéiques observés et prédits avant (< 118 jours de lactation) et après (> 220 jours de lactation) la période de supplémentation.

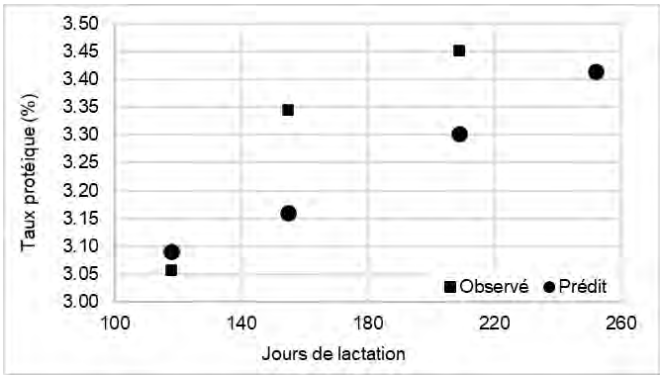


Figure 1 Effet du Mepron® sur le taux protéique (essai 2)

3. DISCUSSION

Dans ces deux essais terrain, une supplémentation en Mepron® a engendré une augmentation des performances laitières. Le plus faible effet de l'apport de méthionine rumino-protégée sur le taux protéique dans l'essai 1 peut être attribué à un léger manque de lysine métabolisable (- 7 g/j calculé à partir des performances observées selon le logiciel de rationnement AMINOCow®, Evonik). Ces données confirment donc les résultats de méta-analyse (Patton, 2010) concluant que Mepron® est la source de méthionine rumino-protégée la plus efficace pour soutenir les performances de production laitière des vaches.

Les auteurs remercient le GAEC POTRIQUET (Laurence et Vincent POTRIQUET ; 80150 GUESCHART) et le GAEC LANN BIHAN (Patrick MERO et Gwenael BAINVEL ; 56890 PLESCOP) pour leur collaboration dans ces essais.

INRA, 2018. Alimentation des ruminants, Editions Quae, Versailles, France
Patton R.A., 2010. J. Dairy Sci., 93, 2105-2118

Effet positif d'un apport en méthionine rumino-protégée sur les performances de chèvres laitières

Beneficial effect of rumen protected methionine on performances of lactating goats

CADUDAL B. (1), GUYADER J. (2), LEPOUDERE M. (3), HOARAU M. (3), PARYS C. (2), EDELMANN K. (2)
(1) ASC Synergy, Rostevel, 56400 Brech, France
(2) Evonik Operations GmbH, Rodenbacher Chaussee 4, 63457 Hanau, Allemagne
(3) Evonik Operations GmbH, 2 rue au Duc, 35000 Rennes, France

INTRODUCTION

Les besoins en acides aminés des chèvres laitières n'ont pas encore été spécifiquement définis (INRA, 2018). Les recommandations actuelles étant basées sur les besoins des vaches laitières, la méthionine peut être supposée comme étant le premier acide aminé limitant dans la majorité des rations. Dans un essai sur chèvres laitières en milieu et fin de lactation, un apport additionnel en méthionine (3,2% de méthionine digestible versus 2,2%, % PDI), sous forme d'acide aminé rumino-protegé, a permis d'augmenter la production laitière et le taux protéique du lait (Flores *et al,* 2009). L'objectif de cet essai était d'évaluer l'effet d'un apport en méthionine rumino-protegée pendant le pic de lactation sur les performances de chèvres laitières.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ANIMAUX ET RATIONS

L'essai a été conduit dans un élevage commercial des Deux-Sèvres (79, France). Deux groupes de chèvres Saanen homogènes en termes de parité, stade de lactation et performances (Tableau 1) ont reçus, pendant 3 mois, une ration à base d'ensilage de maïs (70% fourrage et 16,4% protéines dans la MS) distribuée seule (Témoin) ou supplémentée avec 4 g/jour de Mepron® (Evonik, 85% DL-méthionine ; Essai). Les régimes Témoin et Essai apportaient respectivement 2,2 et 2,9% de méthionine (% PDI).

Paramètre	Témoin	Mepron®
Nombre de chèvres	133	109
Parité	2,0	2,0
Stade de lactation (jours)	50,8	49,7
Production laitière (kg/j)	3,63	3,80
Taux butyreux (%)	4,17	4,18
Taux protéique (%)	3,44	3,42

Tableau 1 Distribution des chèvres en début d'essai

1.2. MESURES ET STATISTIQUES

La production laitière et la composition du lait ont été mesurées individuellement tous les mois par le contrôle laitier. L'effet des traitements sur les performances a été testé avec le logiciel R (version 3.6.1) selon un modèle linéaire mixte incluant le traitement, le mois et leur interaction en effets fixes. Les niveaux de production individuels enregistrés le mois précédant l'essai ont été inclus comme covariable dans le modèle.

2. RESULTATS

L'effet des traitements sur les performances laitières des chèvres est présenté dans le Tableau 2. Un apport supplémentaire en méthionine rumino-protégée (Mepron®) a permis d'augmenter significativement la production laitière des chèvres (+ 140 mL/j en moyenne sur 3 mois ; P = 0,001). Les taux butyreux et protéiques n'ont pas été impactés par les traitements. Néanmoins, les productions de matière grasse et protéique étaient significativement supérieures dans le lot Essai (+ 5 g/j, P = 0.004 et + 4 g/j, P = 0,001, respectivement).

3. DISCUSSION

Cet essai confirme l'effet bénéfique d'un apport en méthionine rumino-protegée sur les performances de chèvres laitières. De plus, un apport en méthionine digestible supérieur aux recommandations INRA pour les vaches laitières (2,4% PDI) semble bénéfique pour couvrir les besoins de cette espèce.
Economiquement, en prenant en compte les coûts de la ration et la différence de revenu liée à la production laitière, l'apport de Mepron® a permis d'augmenter le revenu de l'éleveur corrigé des coûts alimentaires de 195 € pour 100 chèvres, correspondant à un retour sur investissement de 1,6.

CONCLUSION

Les résultats techniques et économiques de cet essai démontrent l'intérêt d'un apport supplémentaire en méthionine digestible pour les chèvres laitières. Au-delà des performances laitières, il serait intéressant d'étudier l'effet de cet acide aminé sur la santé des animaux, la méthionine étant le précurseur de puissants antioxydants pour l'organisme.

Les auteurs remercient chaleureusement le GAEC des CELLES (Evelyse et Vincent LAVAUD ; 79100 Sainte Verge) pour leur implication et participation dans cet essai, ainsi que la société ARRIVE-BELLANNE (Frédéric BERNARD ; 79250 Nueil les Aubiers) pour leur collaboration.

Flores A., 2009. Ital. J. Anim. Sci., 8, 271-275
INRA, 2018. Alimentation des ruminants, Editions Quae, Versailles, France

Paramètre	Témoin	Essai	SEM	Traitement (Probabilité)	Mois (Probabilité)	Interaction (Probabilité)
Lait (kg/d)	3,69	3,83	0,070	0,001	< 0,001	0,680
Taux butyreux (%)	3,90	3,88	0,027	0,563	< 0,001	0,960
Taux protéique (%)	3,39	3,38	0,014	0,261	< 0,001	0,990
Matière grasse (g/j)	142	147	2,5	0,004	< 0,001	0,574
Matière protéique (g/j)	124	128	2,0	0,001	0,240	0,594

Tableau 2 Effet d'un apport en Mepron® (Essai) sur les performances de chèvres laitières au pic de lactation

Intérêt d'un mélange d'extraits de plantes et d'huiles essentielles (Vertan) pour diminuer le taux de protéines des correcteurs azotés utilisés en brebis laitières et substituer le tourteau de soja par d'autres sources de protéines

Interest of a blend of plants and essential oils (Vertan) to reduce proteins level of dairy ewes protein concentrates and substitute soybean meal by other sources of proteins

HARDY A. (1), GREUTER A. (2), GANGLOFF C. (2), FERRON N. (3)
(1) Lycée Professionnel Agricole La Cazotte, route de Bournac, 12400 Saint-Affrique, France
(2) IDENA, 21 rue du Moulin, 44880 Sautron, France
(3) VetAgro Sup, 63370 Lempdes, France

INTRODUCTION

L'amélioration de l'autonomie protéique est un enjeu majeur pour les exploitations en brebis laitière. Certains produits phytogéniques sont connus pour augmenter la quantité de protéines by-pass en limitant leur dégradation dans le rumen ainsi que le gaspillage d'azote lié à la synthèse d'ammoniac et d'urée. Le Vertan est une association d'extraits de plantes et d'huiles essentielles issue de la recherche IDENA, conçue pour optimiser le métabolisme azoté. Un essai de 12 semaines a été mené sur les brebis laitières de la ferme expérimentale sur lycée agricole La Cazotte de Saint-Affrique. L'objectif était de mesurer l'intérêt du Vertan pour diminuer l'apport de protéines dans la ration et de substituer le tourteau de soja par d'autres sources de protéines.

1. MATERIEL ET METHODES

114 brebis primipares de race Lacaune ont été réparties en 3 lots homogènes sur les résultats du contrôle laitier (CL), la note d'état corporel, le poids vif et la taille de la portée.
Au démarrage de l'essai, les brebis étaient en 11ème semaine de lactation. Le lot témoin a reçu la ration habituelle de la ferme : mélange de fourrages à volonté (1/3 ensilage de ray-grass italien, 1/3 foin de luzerne, 1/3 ensilage de maïs) complété de 560g d'orge, 440g de luzerne déshydratée et 600g d'un correcteur azoté à 40% de matière azotée totale (MAT) contenant 68% de tourteau de soja et 21% de drèches de maïs et de blé. Le lot Vertan 1 a reçu la même ration hormis le correcteur azoté reformulé à 38% de MAT avec moins de soja (45%), 21% de colza, 25% de drèches et du Vertan. Dans le correcteur azoté du lot Vertan 2, reformulé à 34% MAT, le tourteau de soja a été totalement supprimé et remplacé par 55% de colza, 30% de drèche, 6% de tourteau de tournesol et du Vertan. Ce correcteur a été distribué à hauteur de 800g. L'orge a également été baissé à 450g et la luzerne à 400g.
Au cours de l'essai, plusieurs données ont été relevées lors des CL individuels réalisés tous les 15 jours : production laitière (PL), taux butyreux (TB), taux protéique (TP) et taux d'urée. 2 notes d'état corporel, 2 pesées en début et fin d'essai, et des contrôles d'ingestion par lot avant chaque contrôle laitier ont également été effectués, ainsi que des analyses des fourrages et des concentrés.
Les analyses statistiques des différentes variables ont été réalisées à l'aide du logiciel R. Les données obtenues des 3 lots ont été analysées par ANOVA. Quand les conditions initiales n'étaient pas réunies, un test non paramétrique de Kruskal Wallis a été effectué. Les interactions entre les facteurs Lots et n° de CL ont été mesurées par MANOVA.
Des comparaisons multiples de moyennes ont été faites à l'aide du test de Tukey lorsque les résultats de l'ANOVA ou de Kruskal Wallis étaient significatifs au seuil de $P<0.05$.

2. RESULTATS

2.1. DONNEES DES CONTROLES LAITIERS

A l'allotement il n'y avait pas d'écart statistique entre les trois lots au niveau de la PL, du TP, du TB et de l'urée.

	Témoin	Vertan 1	Vertan 2
PL brute (L/j)	2,080ab	2,133a	2,017b
TB (g/L)	62,71a	63,35a	67,52b
TP (g/L)	58,54a	58,82a	60,09b
Urée (mg/L)	515a	489b	464c
Lait standard (L/j)	1,911a	1,966a	1,940a

Tableau 1 Données moyennes sur l'ensemble des CL

A partir du deuxième CL après allotement, l'analyse des données montre un effet lot sur la PL, sans interaction avec le temps. A chaque contrôle laitier, les PL brutes des trois lots sont identiques. En revanche La PL brute moyenne sur l'ensemble des CL est statistiquement supérieure pour le lot Vertan 1 par rapport au lot Vertan 2 et sans différence par rapport au lot témoin.
Les TB et TP moyens sur l'ensemble des CL sont statistiquement supérieurs pour le lot Vertan 2 par rapport aux lots témoin et Vertan 1. On observe une interaction entre lots et temps avec des TB supérieurs pour le lot Vertan 2 par rapport aux lots témoin et Vertan 1 à tous les CL sauf le CL6
On observe également des taux d'urée moyens sur l'ensemble des CL statistiquement différents entre les 3 lots.
Ceux-ci sont en revanche identiques sur la production de lait standard en énergie (Bocquier *et al.,* 1993).

2.2. EFFICACITE ALIMENTAIRE ET EFFICACITE PROTEIQUE

Pas de différence significative n'a relevée concernant l'ingestion des différents lots, et le calcul de l'efficacité alimentaire (lait standard produit/matière sèche ingérée) ne permet pas de relever d'effet lot.
Si l'on considère l'efficience brute de Conversion des protéines (Ertl *et al.* 2015a) les brebis du lot Vertan 1 ont produit 0,219g de protéines par g de protéines ingérées contre 0,208g/g pour le lot Vertan 2 et 0,203g/g pour le témoin sans que ces résultats ne soient significatifs.

3. DISCUSSION – CONCLUSION

La production du lot Vertan 1 a été identique à celle du lot témoin. Les résultats du lot Vertan 2 ont été plus faibles en production de lait brut mais compensés par des taux plus élevés. Le Vertan, en améliorant le métabolisme azoté, a permis l'utilisation de correcteurs azotés à des niveaux de protéines plus bas tout en maintenant les performances du troupeau. La diminution et la suppression du tourteau de soja n'ont également pas eu d'incidence sur la production.
Il serait judicieux d'étudier l'évolution de l'équilibre en acides aminés essentiels des différentes rations, induite par la modification des compositions des aliments, afin d'étudier l'existence ou pas d'un lien avec ces résultats.
Cette étude présente des solutions envisageables pour réduire l'utilisation de tourteau de soja et améliorer l'autonomie protéique des exploitations.
Les auteurs remercient l'ensemble du personnel de la Ferme expérimentale de la Cazotte.

Bocquier *et al.*, 1993, INRA/EDP Sc, Ann. de zootech., 42, 1, 57-66
Ertl *et al.*, 2015a, Agricult. Syst., 137, 125-199

Comment gérer la fertilisation azotée des prairies multi-espèces ?
How to manage nitrogen fertilization in multi-species grasslands ?

GIGOT C. (1), FOUSSIER T. (2), VERICEL G. (3), UIJTTEWAAL A. (4)
(1) Arvalis-Institut du Végétal, Ferme Expérimentale des Bordes, F-36120 Jeu-les-Bois
(2) OIER des Bordes, Ferme Expérimentale des Bordes, F-36120 Jeu-les-Bois
(3) Arvalis-Institut du Végétal, Station inter-institut, 6 chemin de la côte vieille, F-31450 Baziège
(4) Arvalis-Institut du Végétal, Station expérimentale de La Jaillière, F-44370 Loireauxence

INTRODUCTION

Le développement des Prairies Multi-Espèces (PME) occasionne un nombre croissant de questions sur le pilotage de leur fertilisation azotée (Protin *et al.*, 2014). Beaucoup d'études ont été menées sur les associations ray grass anglais – trèfle blanc mais peu sur les PME. Le principe de tels couverts reste le même : fixer l'azote atmosphérique par les légumineuses, utiliser l'azote du sol par les graminées et permettre la fourniture d'azote par les légumineuses vers les graminées grâce au mécanisme de rhizodéposition et à la minéralisation des tissus morts (nodosités, stolons, racines, feuilles…) (Louarn *et al.*, 2016; Shamoot *et al*., 1968)

1. MATERIEL ET METHODES

Un essai analytique, mené de 2017 à 2020 à la Ferme Expérimentale des Bordes (Jeu-les-Bois – 36), a étudié l'effet de la dose d'azote apportée selon l'âge de la prairie sur son rendement et sa composition, notamment l'équilibre entre graminées et légumineuses. L'évolution de la proportion des espèces et leur valeur alimentaire ont été suivies tout au long de l'essai.

La PME support de cet essai a été semée fin août 2017 avec un mélange composé de 4 kg/ha de dactyle, 5 kg/ha de fétuque élevée, 5 kg/ha de ray-grass anglais, 10 kg/ha de luzerne et 5 kg/ha de trèfle violet.

Deux stratégies de fertilisation – dès la 1ère année ou impasse en 1ère année – croisées à différents régimes de fertilisation (1 fois 30 kg N/ha au 1er cycle ou 1 fois 30, 45, 60 ou 90 kg N/ha au 1er cycle et au 2nd cycle) étaient comparées à un témoin non fertilisé.

Des apports de couverture ont été faits en P, K et chaulage avant implantation.

L'objectif de l'essai était de répondre à trois questions : Quel est l'effet (1) de l'apport d'azote sur le rendement, la qualité et l'équilibre graminées-légumineuses en 1ère année ? (2) d'une impasse de fertilisation azotée la 1ère année d'exploitation et (3) d'un apport après la 1ère coupe ?

2. RESULTATS

L'apport d'azote en 1ère année sur une PME réduit la proportion de légumineuses dans la prairie par rapport à un apport d'azote réalisé à partir de la 2ème année. Cette différence par rapport au témoin est observée dès l'apport de deux fois 45 kg N/ha, et au global sur les 3 ans d'essai. Elle a tendance à s'accentuer avec la dose d'azote (figure 1).

On observe la même tendance pour le taux de Matières Azotées Totales (MAT) qui varie de 1 à 2 points au profit des apports réalisés à partir de la 2ème année. Au contraire, le rendement croît d'environ 2 t MS/ha (cumul des 3 années) en fertilisant dès la 1ère année. Pour les apports réalisés dès la 1ère année, l'équilibre se trouve autour de deux fois 30 à 45 kg N/ha. On atteint le meilleur rendement, une part des légumineuses de plus d'un tiers et un taux de MAT satisfaisant de 14 % pour l'apport de deux fois 30 kg N/ha dès la 1ère année.

Enfin, après un 1er apport de 30 kg N/ha à 200°C jour base 0°C au 1er janvier, un 2nd apport dans les dix jours suivants la première coupe n'impacte pas significativement la production de légumineuses, que ce soit à l'échelle du 2ème cycle, de l'année ou bien des 3 années d'essai, par rapport à un 1er apport unique. De plus, ce 2ème apport est valorisé par les graminées, produisant 400 à 900 kg MS/ha de plus sur le 2ème cycle.

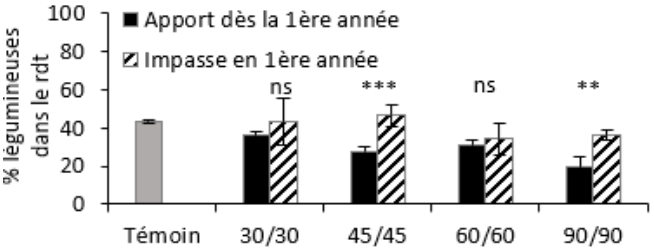


Figure 1 : Contribution des légumineuses au rendement cumulé. Pourcentage massique des légumineuses dans le rendement cumulé des 3 années d'essai pour chaque modalité (X/Y où X est la dose d'azote apportée à 200°Cjour et Y la dose apportée dans les 10 jours suivants la première récolte). *** : P<0,001 ; ** : P<0,01 ; * : P<0,05 ; ns : non significatif

3. DISCUSSION

Le Coefficient Apparent d'Utilisation (CAU) calculé pour chaque cycle en 2018 sur des modalités de l'essai comportant un mélange de graminées a montré que l'azote était mal valorisé, pouvant expliquer l'absence de réponse de l'apport croissant d'azote sur le rendement en 1ère année d'exploitation. Mais nous observons un effet négatif significatif de la dose d'azote sur la contribution pondérale des légumineuses dans le rendement. On suppose qu'une meilleure valorisation aurait permis une discrimination encore plus importante.

Les légumineuses du mélange semé se sont très bien installées dès la 1ère année. La fertilisation azotée a eu un impact négatif sur la production de légumineuses, qui aurait probablement été plus préjudiciable si les elles avaient été mal installées.

Le trèfle violet et la luzerne du mélange ne permettent pas de pérenniser les légumineuses. La luzerne prend le relais du trèfle violet qui s'estompe dès la fin de la 2ème année, mais cette compensation n'est pas suffisante pour palier une diminution naturelle des légumineuses dans le rendement.

CONCLUSION

La fertilisation azotée sur PME permet d'augmenter les rendements sans dégrader significativement l'équilibre graminées-légumineuses ou la qualité nutritive. On conseillera de piloter les apports en fonction de l'installation des légumineuses. Si elles sont bien présentes dès la 1ère année, alors il est envisageable de fertiliser dès la 1ère année. Sinon, on privilégiera un apport qu'à partir de la 2ème année. Un apport total entre 60 et 90 kg N/ha, en deux fois (à 200°C jour, puis après la première fauche) peut être effectué sans détériorer la PME en place, ce qui confirme les références bibliographiques. Enfin, il convient de ne pas négliger les autres points essentiels de la conduite d'une PME (Louarn *et al.*, 2016) : préparation du lit de semences et roulage pré et post semis, choix des espèces en fonction des besoins et du contexte pédoclimatique, fumure de fond et chaulage.

Les auteurs remercient l'ensemble des personnels de la Ferme Expérimentale des Bordes. L'analyse de cette étude a bénéficié du soutien du plan de relance (projet CAP PROTEINES).

Louarn G., Faverjon L., Bijelić Z., Julier B., 2016. Fourrages (2016) 226, 135-142
Protin P. V., Pelletier P., Gastal F., Surault F., Julier B., Pierre P., Straëbler M., 2014. Fourrages (2014) 218, 167-176
Shamoot S., McDonald L., Bartholomew W. V., 1968. Soil Science Society of America Proceeding, 32(6), 817-820

SiT'ProT'In : enquête sur la diffusion des références sur l'autonomie protéique
SiT'ProT'In : *survey on the diffusion of references on protein autonomy*

SEURET J.M. (1), BERNARD M.L. (1), CARAES C. (2)
(1) Chambre régionale d'agriculture de Bretagne – Rue Maurice Le Lannou - CS 74223 - 35042 RENNES cedex
(2) Chambre régionale d'agriculture de Normandie – Pôle Elevage - 6 rue des Roquemonts - CS 45346 - 14053 CAEN Cedex 4

INTRODUCTION

Dans le cadre du projet inter-régional SiT'ProT'In (Bretagne, Pays-de-la Loire, Normandie, Nouvelle Aquitaine) sur la diffusion de références sur l'autonomie protéique et leur appropriation en élevage, une enquête en ligne a été réalisée auprès de trois publics : éleveurs, conseillers et enseignants/étudiants dans les différentes filières d'élevage.
Cette enquête a notamment pour objectif d'évaluer la perception des éleveurs sur l'autonomie protéique en élevage, les pratiques mises en place pour l'améliorer, ou les freins à la mise en place de ces pratiques. Elle vise en outre à identifier leurs besoins en références sur l'autonomie protéique en élevage, afin d'améliorer les formations et le conseil.

1. MATERIEL ET METHODES

Ces enquêtes en ligne ont été diffusées par mail ou via des newsletters dans chacune des 4 régions impliquées dans le projet, et à l'échelle nationale via les sites internet de la presse spécialisée. Ces enquêtes ont démarré fin mars 2021 et ont été clôturées à la mi-juin 2021. Le nombre de répondants s'élève à 341 pour le questionnaire éleveurs. Dans un 1er temps, les sondés ont été interrogés sur leur perception globale de l'autonomie protéique. Dans un 2ème temps, les leviers mis en œuvre en élevage pour améliorer l'autonomie protéique sont abordés. Enfin les sondés sont interrogés sur les sources qu'ils sollicitent pour s'informer ou se former sur l'autonomie protéique.

2. RESULTATS

80 % des répondants était en production laitière ou en viande bovine. Les répondants avaient la possibilité de se rattacher à plusieurs filières (bovine, ovine, caprine, porcine, avicole).

2.1. PERCEPTION DE L'AUTONOMIE PROTEIQUE

Pour 68 % des répondants « ruminants », la priorité en matière d'autonomie protéique est de produire et d'auto-consommer sur l'exploitation les fourrages ou aliments riches en protéines nécessaires au troupeau. Pour 15 %, il s'agit d'économiser des protéines sur l'exploitation, et pour 13 % de limiter au maximum le recours aux tourteaux importés en privilégiant le recours aux matières premières locales. L'autonomie protéique est bien une préoccupation grandissante du secteur de l'élevage : 46 % des répondants « ruminants » considèrent que l'autonomie protéique fait partie des premières priorités pour penser l'élevage de demain, et 70 % que l'amélioration de l'autonomie protéique permet de réaliser un gain économique sur l'exploitation à court terme et 84 % à long terme. A noter que 48 % considèrent que la recherche d'autonomie protéique comporte plus d'avantages que de contraintes, mais 16 % pensent que cela implique plus de contraintes, tandis que 35 % n'ont pas d'avis.

2.2. LEVIERS MIS EN ŒUVRE EN ELEVAGE POUR AMELIORER L'AUTONOMIE

Les solutions les plus mises en œuvre et qui concernent la majorité des éleveurs de ruminants (>50 %), sont toutes des leviers fourrages. Les principales : augmenter la part d'herbe, pâturer plus, réaliser des ensilages d'herbe précoces, valoriser de la luzerne ou du trèfle violet.

Figure 1 Les solutions mises en œuvre en élevage

Les solutions abandonnées concernent les mélanges céréales protéagineux ensilés ou grain et les protéagineux.

Figure 2 Les solutions abandonnées en élevage

Les mesures qui ne sont jamais envisagées sont les protéagineux purs et l'équilibre en acides aminés des rations.

2.3. SOURCES D'INFORMATION ET DE FORMATION

80% des éleveurs se tiennent informés sur l'autonomie protéique par la presse, mais également via des sites internet et newsletters (58%) voire de la documentation technique (53%) ou des portes ouvertes et journées techniques (47%). Toutefois, un quart des éleveurs a déclaré avoir déjà rencontré des difficultés pour accéder à des informations sur l'autonomie protéique. Cette difficulté est souvent due au manque d'une source unique centralisant les informations.

3. DISCUSSION

La majorité des éleveurs sont convaincus des avantages de l'autonomie protéique notamment vis-à-vis de son impact positif sur l'environnement et les performances économiques. A l'inverse, les avis sont plus réservés concernant une maîtrise de la charge de travail et la gestion technique des cultures notamment des protéagineux ou de la luzerne. Les leviers « fourrages » sont sans surprise ceux qui sont activés en priorité en production bovine.

CONCLUSION

Cette enquête souligne l'intérêt des éleveurs pour l'autonomie protéique. Elle a permis d'affiner les besoins en termes d'accompagnement, d'outils d'aide à la décision et de connaissances nouvelles et de préciser la suite du projet SiT'ProT'In : élaboration de parcours de formation, création d'un e-book qui centralise des références sur l'autonomie protéique.

Les auteurs remercient les répondants à cette enquête.

Autonomie protéique des élevages herbivores : l'outil DEVAUTOP pour sensibiliser les éleveurs à une meilleure valorisation de leurs fourrages

Protein self-sufficiency on livestock farms: DEVAUTOP application to aware farmers on a better forage use.

BENADDA L. (1), SARZEAUD P. (2), GELINEAU S. (3), FREULON H. (4), BATTAIS F. (5), FOLLET D. (6)
(1) Institut de l'Elevage - 23 Rue Jean Baldassini, 69007 Lyon (2) Institut de l'Elevage, Monvoisin - BP 85225- 35652 LE RHEU Cedex (3) Chambre d'agriculture des Pays de la Loire – 44150 Ancenis (4) Vegepolys Valley – 35000 Rennes (5) Seenovia – 53940 Saint-Berthevin (6) Chambre d'agriculture de Bretagne – BP 10540 – 22195 PLERIN Cedex

INTRODUCTION

La question de la souveraineté alimentaire est relancée depuis plusieurs années par le contexte de forte volatilité des prix des matières premières et la recrudescence de plus en plus fréquente d'aléas climatiques sur les productions de fourrages et de céréales. Dans les fermes d'élevage herbivores, cela se traduit par une orientation plus ou moins consentie vers la production et la valorisation des protéines produites sur place plutôt qu'importées. Ainsi, selon Cordier et al. 2020, la consommation de tourteau de soja pour nourrir le bétail a baissé de 20% en 10 ans, mais 45 % du soja importé reste encore consommé par les herbivores. Le projet Cap Protéines propose une démarche de sensibilisation des éleveurs à partir d'un nouvel outil de conseil, multi filière, appelé DEVAUTOP. Il produit un diagnostic de l'autonomie protéique. Dans le cadre de cette étude, il a été appliqué aux élevages laitiers.

1. MATERIEL ET METHODES

Deux enquêtes ont été menées concernant les motivations des éleveurs autour de l'autonomie protéique. Une première enquête en ligne menée dans le cadre du projet SITPROTIN en 2021. Elle a obtenu des réponses de la part de 355 éleveurs, 145 techniciens/conseillers et 117 apprenants/enseignants. Une seconde investigation réalisée dans le cadre du projet Plan de relance - Cap Protéines 2021, a été conduite sous forme d'enquêtes qualitatives auprès de 48 éleveurs et conseillers. Dans le cadre de ce projet, un calcul simplifié de l'autonomie protéique a été établi avec l'outil DEVAUTOP sur les 330 fermes du réseau Cap Protéines, toutes filières confondues. DEVAUTOP, né du projet TERUNIC – SOS PROTEIN (Régions de Bretagne et des Pays de la Loire) et employé depuis deux ans. Son calcul d'autonomie protéique est basé sur une estimation des besoins en Matières Azotées Totales des animaux et de la quantité de MAT achetée à l'extérieur de l'exploitation. Un premier traitement de données a été effectué sur les fermes d'élevages des filières laitières.

2. RESULTATS

2.1 LES MOTIVATIONS DES ELEVEURS

Les pratiques d'alimentation des animaux peinent encore à changer et tous les éleveurs n'ont pas la même perception de l'enjeu. Selon les études menées dans les projets SITPROTEIN et Cap Protéines, les freins au changement sont encore nombreux. En premier lieu, ils mettent en avant la praticité d'usage des tourteaux importés employés en purs ou incorporés aux aliments de production, et ceci, malgré leur prix conséquents et volatiles. A l'inverse produire ses propres protéines, par les cultures de protéagineux ou de fourrages adaptés, ou mieux valoriser l'azote de l'herbe dans la ration des herbivores semblent à leurs yeux plus difficiles à maitriser, et quelque part plus risquées. La sécurité du système, une meilleure résilience, une autonomie décisionnelle ou encore une réponse aux attentes de la société, sont les principaux points forts identifiés par les éleveurs. Néanmoins, des grands freins persistent tel que la rentabilité, l'organisation ou encore le manque d'informations sur le sujet.

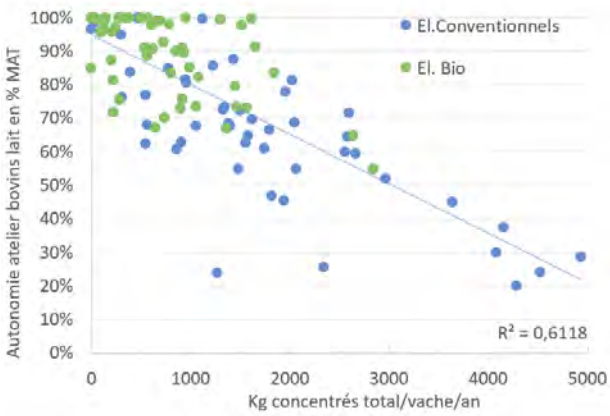
2.2 LES NIVEAUX D'AUTONOMIE

Les niveaux d'autonomie protéique varient selon les filières et les systèmes de production (Tableau 1 ; graphique 1).

	Bovins lait	Ovins Lait	Caprins Lait
Effectif (Nombre de fermes)	96	29	33
Niveau d'autonomie prot.	77%	82%	73%
Ecart-type	19%	13%	20%

Tableau 1. Autonomie protéique à l'échelle de l'exploitation en fonction des filières.

Les premières observations menées avec DEVAUTOP confirment les valeurs observées par d'autres travaux (Rouillé et al. 2014) et illustrent à nouveau les spécificités des systèmes alimentaires en lien avec les conditions pédoclimatiques des exploitations. Pour des situations comparables, les marges de progrès apparaissent dans la bonne gestion du système fourrager et dans la valorisation de l'herbe. En élevage bovins lait, un marqueur est la quantité totale de concentrés consommés par vache laitière (graphique 1).



Graphique 1 : Quantité de concentrés totale consommés/vache laitière en kg en fonction de l'autonomie protéique de l'atelier bovins lait. (Devautop, campagne 2020).

3. DISCUSSION

Pour un éleveur, la recherche d'une meilleure autonomie protéique passe par une réflexion complexe d'adéquation entre les besoins des animaux et les protéines produites de l'exploitation. Il est nécessaire de bien se situer avant d'envisager les pratiques les plus adaptées au contexte pédoclimatique. Un outil tel que Devautop, offre un appui supplémentaire à l'accompagnement et à la recherche de solutions de conseils. Le conseil ne peut qu'être global (à l'échelle du système d'exploitation) et intégré aux objectifs et attendus des éleveurs.

Cordier et al., 2020, GIS Avenir Elevages
Rouillé B et al, 2014, L'autonomie alimentaire des élevages bovins français. OCL