

Viande de porc: bons résultats malgré une réduction des protéines dans la ration

Martina Müller Richli et Martin Scheeder

Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL, 3052 Zollikofen
et SUISAG, 6204 Sempach

Renseignements: Martin Scheeder, martin.scheeder@bfh.ch



Une bonne alimentation contribue beaucoup à la santé et au bien-être des animaux.

Introduction

Dans le projet «Viande de porc saine de production durable», réalisé dans le contexte du Programme national de recherche 69 «Alimentation saine et production alimentaire durable», nous avons pu montrer que la valeur nutritive de la viande de porc peut être encore améliorée par l'ajout de graines de lin, de sélénium et

de vitamine E dans la ration (Müller Richli *et al.* 2019). Un autre objectif de ce projet était de réduire l'impact environnemental de la production porcine, notamment les émissions d'azote. C'est pourquoi nous avons réduit la teneur en protéines des aliments utilisés et étudié les effets de cette réduction sur la performance d'engraissement ainsi que la qualité des carcasses.

Un aliment pour porcs à l'engrais devrait être composé de manière à être valorisé efficacement pour la constitution des tissus organiques – de préférence les muscles – et à éviter autant que possible l'excrétion de nutriments dans l'environnement. Ces buts peuvent être atteints par diverses mesures, comme l'abandon des suppléments de sécurité, l'alimentation par phases adaptée aux besoins, l'utilisation d'oligoéléments liés organiquement afin d'en réduire le dosage et le maintien des animaux en bonne santé.

L'apport protéique est un point central de l'alimentation. S'il faut réduire l'utilisation d'aliments protéiques, l'apport en acides aminés doit être garanti. Les rations à teneur en protéines réduites soulagent le métabolisme, car les acides aminés libres sont très digestes. Par ailleurs, l'animal a besoin de moins d'énergie pour éliminer les protéines excédentaires (Schnippe 2014). L'énergie ainsi économisée peut être utilisée pour la constitution de la viande et de la graisse.

Les besoins des porcs en protéines brutes (PB) et en acides aminés changent au cours des différentes phases de croissance. L'alimentation par phases permet d'adapter la teneur en PB de l'aliment à l'évolution des besoins du porc au cours de sa croissance et de réduire l'azote éliminé via les urines et les fèces. Comparée à l'alimentation monophasée, l'alimentation biphasée permet déjà d'abaisser les émissions totales d'ammoniac d'environ 5 à 10 %, en fonction des valeurs initiales (Bracher 2010). Plus il y a de phases, plus il est possible d'adapter précisément l'alimentation aux besoins actuels des animaux. Les installations d'alimentation modernes permettent, via le mélange de deux aliments différents, d'adapter

pratiquement en continu la composition de la ration aux phases de croissance. C'est ce qu'on appelle l'alimentation multiphase.

Par ailleurs, il est possible d'intégrer à la ration des éléments qui en augmentent l'efficacité. Il a par exemple été démontré que le sélénium lié organiquement peut améliorer la performance d'engraissement (Zheng Qing *et al.* 2012) et la qualité de la viande (Li *et al.* 2011; Mrazova *et al.* 2013; Lisiak *et al.* 2014). Vu son rapport oméga-6/oméga-3 favorable, la graine de lin exerce une influence positive sur la santé humaine (Simopoulos 2008). On peut donc supposer que ces éléments, utilisés pour améliorer la qualité de la viande, agissent également sur la santé des porcs et, par conséquent, sur leur productivité.

Matériel et méthodes

Pour étudier la praticabilité des mesures d'alimentation proposées, nous avons sélectionné trois exploitations utilisant des systèmes d'alimentation différents, représentatifs des modes d'engraissement des porcs usuels en Suisse. Il s'agissait d'y appliquer concrètement des stratégies d'alimentation optimisées afin d'observer quels problèmes se posent en termes de qualité des produits et de compatibilité écologique.

- Exploitation 1: 180 places d'engraissement; témoin et essai en **alimentation monophasé (AU)** avec respectivement 155 et 150 g PB/kg d'aliment et une teneur constante en lysine de 10,5 g/kg d'aliment (tabl. 1).
- Exploitation 2: 150 places d'engraissement; témoin en alimentation biphasé liquide avec 157 puis 150 g PB/kg et 11 puis 10 g de lysine/kg. Essai en **alimentation multiphasé (AM)**, où l'alimentation était ajustée chaque semaine en modifiant les proportions d'un aliment de pré-engraissement à 155 g PB/kg et d'un aliment de finition à 125 g PB/kg (fig. 1 et 2). L'aliment de pré-engraissement contenait 11 g/kg de lysine et l'aliment de finition 7,4 g/kg (fig. 3).
- Exploitation 3: 120 places d'engraissement. Témoin et essai en **alimentation biphasé (AB)** liquide, avec, pour l'aliment témoin, 157 puis 150 g PB/kg, et, pour l'aliment d'essai, 155 puis 145 g PB/kg. La teneur en lysine était identique dans les deux aliments, soit 11 puis 10 g/kg.

Dans les trois exploitations d'engraissement, nous avons procédé à deux rotations d'essai avec distribution de 0,2 mg de sélénium lié organiquement par kg d'aliment et une rotation d'essai avec ajout de 0,25 mg/kg de sélénite de sodium. Lors des rotations d'essai, la ration a

Résumé ■ Dans trois exploitations d'engraissement de porcs, pratiquant respectivement l'alimentation monophasé, l'alimentation biphasé et l'alimentation multiphasé, des mesures d'alimentation permettant d'améliorer la valeur nutritionnelle de la viande et de réduire l'impact environnemental ont été étudiées. Pour ce faire, la ration a été enrichie avec du sélénium lié organiquement, de la vitamine E et des graines de lin, alors que la teneur en protéines a été réduite. Des séries d'engraissement avec de l'aliment ordinaire ont servi de témoin. Un effet généralisé de l'aliment sur les gains journaliers n'a pas été observé. Mais avec les aliments d'essai, l'ingestion a augmenté et l'indice de consommation s'est dégradé. La qualité des carcasses n'a baissé que dans l'exploitation pratiquant l'alimentation monophasé: le diamètre des côtelettes a significativement diminué avec l'aliment d'essai, alors que la couche de lard a augmenté notablement. Le pourcentage de viande des animaux soumis à l'alimentation multiphasé (diminution par paliers hebdomadaires de 155 à 125 g PB/kg) n'a pas baissé, mais leur teneur en graisse intramusculaire a notablement augmenté, ce qui pourrait être le signe d'un sous-approvisionnement modéré en protéines. L'efficacité protéique n'a par ailleurs guère été améliorée par la réduction des protéines dans la ration.

par ailleurs été enrichie avec 200 mg de vitamine E par kg d'aliment et 2,5 % de graines de lin (tabl. 1). Dans chaque exploitation, deux rotations témoin avec distribution de l'aliment usuel ont également été incluses dans l'étude. Dans l'alimentation multiphasé, l'aliment de pré-engraissement a été remplacé progressivement par l'aliment de finition (fig. 1), ce qui a permis d'adapter chaque semaine la ration aux besoins nutritifs des porcs. Ce système requiert une installation d'alimentation moderne, assistée par ordinateur, avec deux silos séparés pour les deux aliments.

La teneur en protéines brutes de l'aliment d'essai a été maintenue bien en dessous des apports recommandés (Stoll *et al.* 2005). En revanche, l'apport de lysine correspondait aux recommandations, mais se situait nettement en dessous de celui de l'aliment témoin en fin d'engraissement (fig. 2 et 3).

Tableau 1 | Descriptif de l'aliment témoin et de l'aliment d'essai.

	Alimentation biphase		Alimentation multiphase		Alimentation monophasée	
	Témoin	Essai	Témoin	Essai	Témoin	Essai
Sélénium inorg. [mg/kg]*	0,24–0,3	(0,25)	0,24–0,3	(0,25)	0,24–0,3	(0,25)
Sélénium lié org. [mg/kg]	–	0,2	–	0,2	–	0,2
Graine de lin [%]	–	2,5	–	2,5	–	2,5
Vitamine E [mg/kg]	80–100	200	80–100	200	80–100	200
EDP [MJ/kg]	13,8 / 13,4	13,8/13,4	13,8/13,4	13,8–13,4	13,4	13,6
Protéine brute [g/kg]	157/150	155/145	157/150	155–125	155	150
Lysine [%]	1,1/1,0	1,1/1,0	1,1/1,0	1,10/0,74	1,05	1,05
Protéine brute [g/MJ EDP]	11,4/11,29	11,2/10,8	11,4/11,2	11,2–9,3	11,56	11,03

*Du sélénite de sodium n'a été distribué en supplément que dans une des trois séries d'essai.

Les performances d'engraissement ont été calculées par série, car dans les conditions du terrain, il était impossible de relever les ingestions individuelles des animaux ou de les peser séparément. Pour l'exploitation AU, seule une série témoin a pu être évaluée, car cette exploitation est passée du système «tout dehors – tout dedans» au système d'occupation en continu durant la dernière série. L'efficacité de l'azote a également été calculée par série d'engraissement selon Sollberger *et al.* (2013). En outre, l'efficacité protéique a non seulement été calculée avec les nouvelles valeurs de Stoll (Menzi *et al.* 2016), mais aussi sur la base de la viande produite, compte tenu du poids de carcasse effectif et de la part de viande maigre. Toutefois, pour l'apport d'azote via l'aliment et les gorettes mis en porcherie, il a aussi fallu se référer à la quantité totale par série d'engraissement. Tous les animaux ont été tués dans le même abattoir, qui a également fourni les poids de carcasse et les résultats de la classification (AutoFOM). Comme la formule de calcul de la part de viande maigre (PVM) a été modifiée après la première série témoin de toutes les exploitations,

les données AutoFOM de cette série ne sont pas directement comparables avec celles des autres séries et elles ont donc été exclues de l'analyse statistique. Pour chaque série d'engraissement des trois exploitations, dix carcasses représentatives en raison de leur poids de carcasse et de leur PVM ont été sélectionnées. Ces 150 animaux au total ont fait l'objet d'analyses précises de la qualité de la viande et de la graisse. À cet effet, on a prélevé des échantillons dans le carré, entre la neuvième et la douzième côte. Sur le muscle grand dorsal de ce morceau, on a déterminé les valeurs suivantes: pH 90 minutes et 24 heures *post mortem* (pH-mètre 1140, Mettler Toledo, Greifensee), teneur en pigments PigM (différence d'absorption à 525 nm et 730 nm, CM-2500d, Konica Minolta, Bonstetten), taux de graisse intramusculaire GIM (NIRFlex N-500, Büchi, Flawil), perte d'exsudat (48 h à 2 °C), profil d'acides gras (GC-2010 plus, Shimadzu, Rheinach), perte à la cuisson (bain-marie à 72 °C durant 45 min.) et évaluation mécanique de la tendreté par la mesure des forces de cisaillement selon Warner-Bratzler (TA HDplus Textur Analyzer, Stable Micro Systems, Tracomme, Bonstetten).

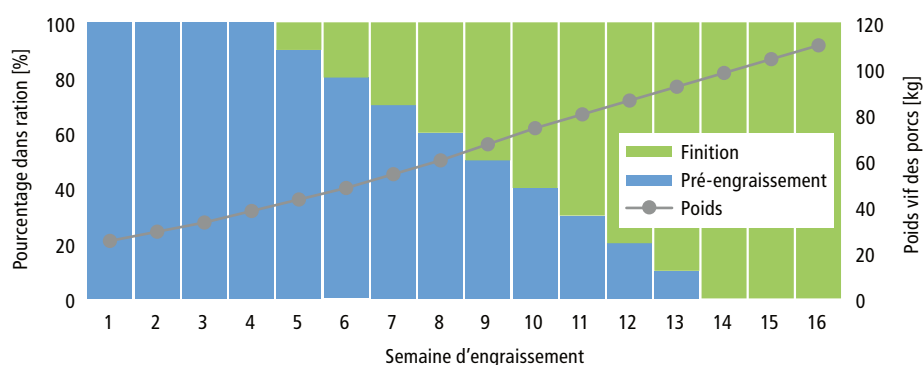


Figure 1 | Schéma de l'alimentation multiphase: le pourcentage d'aliment de finition augmente avec l'âge et le poids, ce qui réduit la teneur en protéines de la ration.

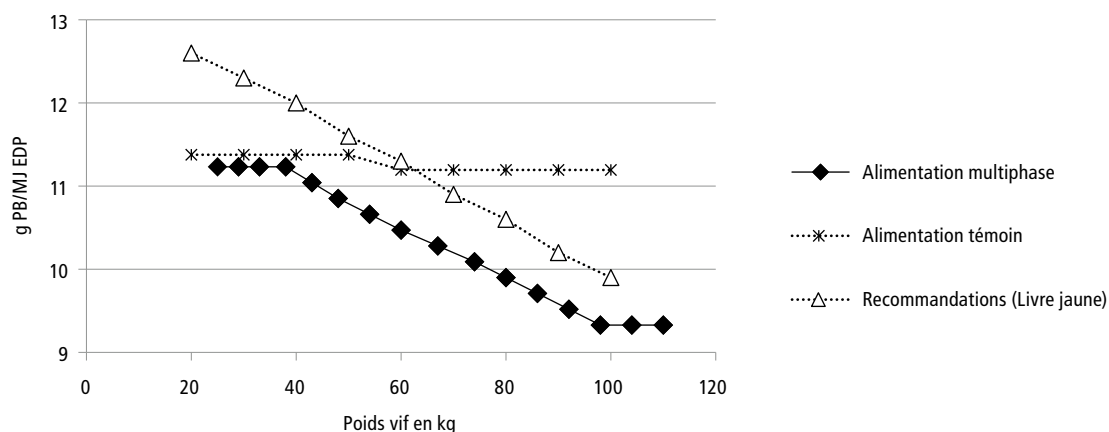


Figure 2 | Apport en protéines dans l'alimentation multiphase (recommandations selon le «Livres jaunes» de Stoll *et al.* 2005).

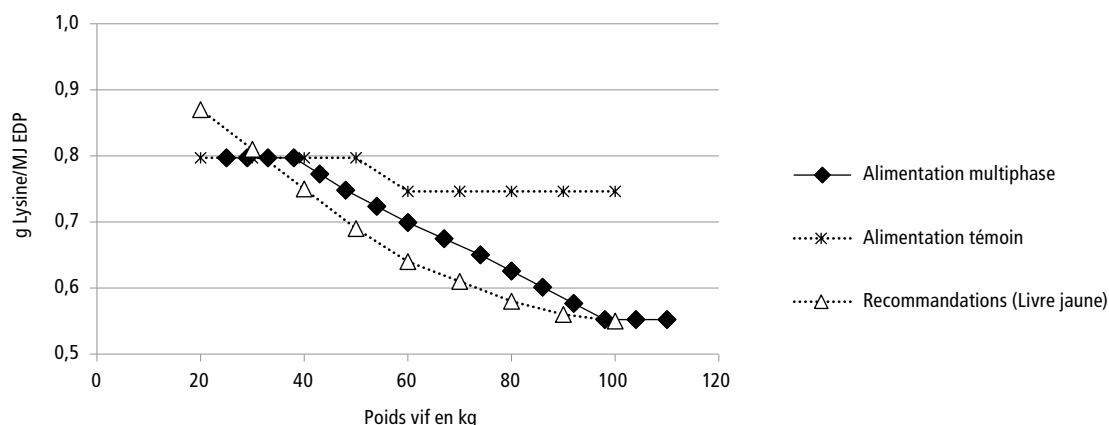


Figure 3 | Apport de lysine dans l'alimentation multiphase (d'après le «Livres jaunes» de Stoll *et al.* 2005).

Les analyses statistiques des critères de qualité des carcasses et de la viande ont été réalisées au moyen d'une analyse de variance (NCSS, méthode GLM) avec les facteurs «aliment» et «exploitation», l'interaction entre ces deux facteurs et la covariable «poids de carcasse».

Les données relatives à la performance d'engraissement n'ont pas été relevées pour chaque animal, mais proviennent du dépouillement des données d'engraissement calculé pour chaque rotation. Les données relatives à la performance d'engraissement ne sont donc présentées qu'à titre descriptif, car le faible nombre d'observations n'a pas permis de procéder à une analyse statistique.

Résultats et discussion

Entre 2018 et 2021, dans le contexte de son Programme d'utilisation durable des ressources naturelles, la Confédération verse une contribution annuelle par unité de

gros bétail pour l'alimentation des porcs appauvrie en matière azotée, à condition que la teneur moyenne en protéines brutes de la ration totale de tous les porcs détenus sur l'exploitation ne dépasse pas 11 g PB/MJ EDP (Fischler 2017). Dans cette étude, ce plafond n'a pas pu être respecté avec l'aliment d'essai utilisé pour l'alimentation monophasée, alors qu'il a été tout juste tenu avec l'aliment à teneur réduite en protéines de l'alimentation biphasée et largement respecté avec le mélange utilisé dans l'alimentation multiphasée.

Performance d'engraissement

La situation momentanée du marché influe toujours sur les essais de terrain tels que celui présenté ici. On constate avec la hausse légère mais presque ininterrompue des poids de mise en porcherie et des poids de carcasses, observée au fil des séries-tests et dont il faut tenir compte dans l'interprétation des résultats. En AB et AM, les gains journaliers avec l'aliment témoin et

Tableau 2 | Performances d'engraissement, qualité des carcasses et de la viande des trois exploitations d'essai dans les séries témoin et d'essai.

	Alimentation biphasé		Alimentation multiphasé		Alimentation monophasé	
	Témoin	Essai	Témoin	Essai	Témoin	Essai
Performance d'engraissement¹						
n rotations	2	3	2	3	1	3
Poids mise en porcherie [kg]	24,3	27,2	23,0	26,1	23,7	24,8
Poids de carcasse [kg]	85,8	87,7	85,7	84,5	84,0	86,9
Gain journalier [g/jr]	770	778	823	802	726	871
Ingestion [kg al./anim./jr]	2,03	2,10	2,19	2,28	2,08	2,30
Valorisation aliment [kg/kg]	2,64	2,71	2,66	2,84	2,87	2,65
Durée engrais. /animal [jours/animal]	110	107	104	102	112	97
Pertes/rotation [%]	1,32	1,7	2,74	2,05	6,8	2,22
Diagnostics/lot [%]	7,12	2,32	3,54	4,99	9,8	8,6
Efficiéce N, viande [%]	23,8	23,7	24,0	24,8	22,1	23,8
Efficiéce N, nouveau Stoll [%]	38,6	38,2	39,0	40,4	35,8	39,2
Efficiéce N, Sollberger [%]	33,2	32,7	33,6	34,6	30,8	33,7
Qualité des carcasses²						
n animaux	117	343	139	422	60	522
Part de viande maigre (PVM) [%]	58,1 ^{bd}	58,5 ^d	57,4 ^{ab}	57,8 ^{bc}	58,5 ^{cd}	57,2 ^a
Diamètre côtelette [mm]	54,7 ^a	55,5 ^a	54,6 ^a	55,5 ^a	59,4 ^c	56,3 ^b
Couche de lard [mm]	14,7 ^{bcd}	14,0 ^a	14,8 ^{bcd}	14,5 ^c	13,9 ^{ab}	15,1 ^d
n lots d'abattage	5	12	4	9	7	10
Acides gras polyinsaturés [%/ lot d'abattage]	10,8 ^a	13,5 ^b	11,1 ^a	13,2 ^b	14,2 ^b	17,8 ^c
Qualité de la viande²						
n animaux	18	30	17	30	20	30
pH ₂₄	5,41 ^{ab}	5,38 ^a	5,44 ^b	5,40 ^{ab}	5,41 ^{ab}	5,43 ^b
Taux de graisse intramusculaire (GIM) [%]	2,32 ^{abc}	2,00 ^{abc}	1,81 ^{ab}	2,61 ^c	1,67 ^a	2,00 ^{abc}
Teneur en pigments (PigM)	0,65 ^{ab}	0,71 ^b	0,65 ^{ab}	0,66 ^b	0,54 ^a	0,68 ^b
Perte d'exsudat [%]	5,61 ^a	6,01 ^a	6,01 ^a	6,1 ^a	6,28 ^a	5,67 ^a
Perte à la cuisson [%]	28,4 ^a	27,9 ^a	27,1 ^a	27,9 ^a	26,9 ^a	28,0 ^a
Force de cisaillement [%]	42,2 ^a	40,2 ^a	46,6 ^a	43,4 ^a	43,4 ^a	46,0 ^a

¹Ces données ont été relevées par rotation. Le faible nombre de relevés ne permet pas d'analyse statistique. Ces données sont donc fournies à titre descriptif.

²Les valeurs qui partagent une même lettre en exposant ne diffèrent pas de manière significative.

l'aliment d'essai ont été presque identiques, alors qu'en AU, des gains nettement plus élevés ont été enregistrés avec l'aliment d'essai (tabl. 2). Cela pourrait être dû à la teneur en énergie un peu plus élevée de ce dernier sur cette exploitation. L'ingestion a généralement été plus élevée dans les rotations avec l'aliment d'essai que dans celles avec l'aliment témoin et l'indice de consommation (IC) s'est dégradé en AB et AM. L'IC un peu meilleur de l'aliment d'essai en AU n'est que partiellement explicable par sa teneur en énergie plus élevée. La durée d'engraissement plus brève des séries d'essai pourrait être due en partie aux poids de mise en porcherie plus

élevés, mais dans le cas de l'AU, elle pourrait tout aussi bien découler de la teneur en énergie plus élevée de l'aliment et de l'état de santé un peu meilleur des animaux, que l'on peut déduire du nombre nettement plus faible de pertes et de pathologies diagnostiquées lors de l'abattage (tabl. 2).

Qualité des carcasses

La baisse de la teneur en protéines dans l'aliment d'essai n'a eu un effet significatif qu'en AU, avec une diminution de la PVM de 1,3 point de pourcentage, due tant à la baisse du diamètre des côtelettes qu'à l'augmentation

de la couche de lard (tabl. 2). En l'occurrence, ce sont probablement les effets du sous-approvisionnement en début de croissance qui se font sentir ici. En AU, le diamètre des côtelettes a baissé nettement de 3,1 mm avec l'aliment d'essai, alors qu'aucune différence entre alimentation témoin et d'essai n'a été observée en AB et en AM. En AB, en revanche, la couche de lard a subi une réduction significative de 0,7 mm avec l'aliment d'essai, alors qu'elle a augmenté tout aussi significativement de 1,9 mm en AU et que l'on n'a constaté aucune différence en AM.

Qualité de la viande et de la graisse

S'agissant de la qualité de la graisse, les échantillons de l'AU affichaient en moyenne une teneur en PUFA (acides gras polyinsaturés) de 17,8 %, qui se situe nettement dans la zone des déductions de > 15,5 % (tabl. 2), alors que les autres exploitations, malgré une teneur identique en graines de lin de l'aliment, sont restées en dessous de ce seuil et ont répondu aux attentes. Une part de 2,5 % de graines de lin dans l'aliment est donc acceptable en regard de la qualité de la graisse. L'exploitation AU affichait déjà des teneurs en PUFA élevées avec l'aliment témoin, ainsi qu'un grand nombre de pertes et de pathologies diagnostiquées à l'abattoir (surtout des pneumonies et nécroses). Il est possible que l'état de santé moins bon des animaux de l'exploitation AU ait contribué aux teneurs élevées en PUFA. En revanche, la distribution de l'aliment d'essai a amélioré la santé des porcs (moins de pertes et de diagnostics à l'abattoir) et a amélioré leur performance à tel point que l'exploitation a voulu garder l'aliment d'essai. Cela n'a pas été possible en raison des déductions qu'elle aurait dû subir dues à la moindre qualité de la graisse.

Le taux de graisse intramusculaire (GIM) des animaux AM a nettement augmenté en raison de la forte réduction de l'apport protéique durant la finition. Cela peut être considéré comme un indice d'un sous-approvisionnement en protéines. Mais cette réduction n'a pas eu d'effet sur le diamètre des côtelettes et la PVM, peut-être parce que l'apport protéique était suffisant en début de croissance. Enfin, la réduction de la teneur en protéines de l'aliment n'a eu aucun effet statistiquement significatif ou par ailleurs notable sur les autres critères de qualité de la viande (pigmentation, perte d'exsudat et perte à la cuisson, force de cisaillement, pH).

Lors d'essais d'Agroscope, dans lesquels, d'une part, la teneur en protéines brutes était nettement inférieure aux apports recommandés et encore plus faible que dans la présente étude et, d'autre part, la teneur en lysine avait été réduite en dessous des recommandations,

la performance d'engraissement avait baissé (Stoll 2017; Stoll et Ruiz 2017). L'efficacité de l'azote s'était toutefois révélée plus importante. Les auteurs des essais avaient conclu qu'il fallait relever les apports recommandés pour la lysine digestible iléale pour les gorettes et abaisser les suppléments de sécurité durant la deuxième moitié de l'engraissement.

Avec l'alimentation multiphase, l'apport de lysine durant les premières semaines d'engraissement était inférieur à la recommandation – et donc l'apport de lysine digestible iléale l'était probablement aussi. Un apport en lysine optimisé durant les premières semaines d'engraissement permettrait de maintenir la performance d'engraissement dans l'alimentation multiphase, voire de l'améliorer encore.

L'alimentation multiphase permet de nourrir les porcs à l'engrais conformément à leurs besoins durant toute leur croissance, mais elle nécessite une installation d'alimentation moderne, permettant de programmer les phases, et deux silos pour séparer l'aliment de pré-engraissement et l'aliment de finition. À noter aussi que la plupart des fournisseurs d'aliments fourragers consentent des rabais sur les gros volumes. Comme dans l'alimentation



Figure 4 | Deux silos sont nécessaires pour pratiquer l'alimentation multiphase.

multiphase, on commande généralement des quantités plus faibles des deux aliments, il pourrait être difficile d'obtenir des rabais. Toutefois, au terme des essais, l'engraisneur concerné était convaincu à tel point par l'alimentation multiphase qu'il a conservé ce système d'alimentation et a acheté de plus grands silos (fig. 4).

Efficiences de l'azote

L'efficacité de l'azote des rotations témoin, calculée selon Sollberger *et al.* (2013), correspondait à l'efficacité de l'azote de 32 % obtenue au terme d'une étude sur près de 900 exploitations d'engraissement suisses. Si l'on utilise la valeur plus élevée pour la rétention d'azote récemment proposée par Stoll (Menzi *et al.* 2016), soit 25 g par kilogramme de poids vif au lieu de 22,2 g, il en résulte dans l'ensemble une efficacité de l'azote plus élevée (tabl. 2), ce qui est certes pertinent pour le calcul du N résiduel sur l'exploitation, mais n'influe pas sur l'évaluation de l'aliment.

L'exploitation AU a visiblement amélioré son efficacité avec l'aliment d'essai. Cela pourrait toutefois être corrélé avec l'augmentation parallèle de la densité énergétique de l'aliment et l'amélioration de l'état sanitaire des animaux. Car avec l'alimentation biphasique et l'alimentation multiphase, aucune amélioration claire de l'efficacité de l'azote avec l'aliment d'essai n'a été constatée (tabl. 2). Une explication possible réside dans la baisse de l'IC et l'augmentation de l'ingestion dans les séries d'essai.

Les calculs de l'efficacité de l'azote au niveau de la viande montrent qu'environ ¼ de l'azote est fixé dans la viande, alors que le classement d'après ce critère reste substantiellement le même (tabl. 2).

Conclusions

Une réduction de la teneur en protéines de l'aliment d'engraissement pour les porcs semble possible sans inconvénients pour la performance d'engraissement et la qualité de la viande, si l'alimentation s'effectue au minimum en deux phases afin de tenir compte des besoins plus élevés en protéines et en acides aminés des animaux en début de croissance. Une alimentation multiphase est possible si l'on dispose des équipements nécessaires. Elle peut permettre de nourrir les animaux conformément à leurs besoins et de réduire fortement la consommation «de luxe» de protéines en fin de croissance. Il n'est en revanche pas possible d'accroître l'efficacité de l'azote, si la réduction de l'apport en protéines est limitée à une plage qui évite toute baisse de productivité. ■

Remerciements

Nous remercions Micarna SA, Amrein Futtermühle AG, Fredy Müller Phanta-Porc Schweinevermarktung AG et les engraisseurs pour leur soutien et leur collaboration. Nos remerciements vont également au Fonds national suisse de la recherche scientifique pour son soutien dans le cadre du Programme national de recherche 69.

Bibliographie

- Bracher A. & Spring P., 2010. Möglichkeiten zur Reduktion der Ammoniakemissionen durch Fütterungsmassnahmen bei Schweinen. Bericht der Vorstudie. SHL Zollikofen et Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Zollikofen. 98 p.
- Fischler M., 2017. Contribution pour l'alimentation biphasique appauvrie en azote des porcs. Paiements directs: contributions à l'efficacité des ressources (CER).
- Période de contributions 2018–2021. Sur mandat de l'Office fédéral de l'agriculture, OFAG, © AGRIDEA, novembre 2018.
- Li J.-G., Zhou J.-C., Zhao H., Lei X.-G., Xia X.-J., Gao G. & Wang K.-N., 2011. Enhanced water-holding capacity of meat was associated with increased *Sepw1* gene expression in pigs fed selenium-enriched yeast. *Meat Science* 87 (2), 95–100.
- Lisiak D., Janiszewski P., Blicharski T., Borzuta K., Grzeskowiak E., Lisiak B., Powalowski K., Samardakiewicz L., Batorska M., Skrzyszowska K. & Hammermeister A., 2014. Effect of selenium supplementation in pig feed on slaughter value and physicochemical and sensory characteristics of meat. *Annals of Animal Science* 14 (1), 213–222.
- Menzi H., Stoll P. & Schlegel P., 2016. Nouvelles valeurs de référence pour les déjections des porcs. *Recherche Agronomique Suisse* 7 (11–12), 484–489.
- Müller Richli M., Zurlinden M., Harms E., Giger C., Stratz P. & Scheeder M., 2019. Viande de porc: améliorer la valeur nutritive et la qualité gustative. *Recherche Agronomique Suisse* 10 (4), 148–155.
- Mrazova J., Debreceni O., Mlynek J., Bobcek B., 2013. Qualities meat pork enriched organic selenium valuation in technological and nutritional indicators. *Potravinarstvo: Scientific Journal for Food Industry* 2013, 7 (Special Issue), 101–106.
- Schnippe F., 2014. Soja sparen mit freien Aminosäuren. *SUS*, 5, 70–73.
- Simopoulos A. P., 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental biology and medicine (Maywood, N.J.)* 233 (6), 674–688.
- Sollberger E., Bracher A., Burren C., Spring P., 2013. L'efficacité de l'azote dans l'engraissement des porcs. *Recherche Agronomique Suisse* 4 (1), 10–15.
- Stoll P. & Ruiz I., 2017. Wachstumsverlauf bei N-Überschuss. In: Forum angewandte Forschung/Schwein. 21./22. März, Verband der Landwirtschaftskammern (éd.), Fulda. 2017, 45–48.
- Stoll P., 2017. Eiweissfuttermittel effizienter nutzen Fütterungsstrategien und Züchtung. In: Internationale Bioland-Schweinetagung. 21. Februar, éd. Bioland, Hardehausen. 2017, 1–2.
- Stoll P., Kessler J., Gutzwiller A., Bee G., Chaubert C., Gafner C. L., Bracher A., Jost M., Pfirter H. P. & Wenk C., 2005. Apports alimentaires recommandés pour les porcs (Livre jaune). Ed. Agroscope, Posieux
- Zheng Q., Lu X. Q., Qin L. Q., Yin X. B., 2012. Effects of organic selenium on growth performance of pigs: a meta-analysis. *Chinese Journal of Animal Nutrition* 24 (3), 522–527.

Riassunto**Buoni risultati d'ingrasso nonostante il ridotto tenore di proteine grezze nel foraggio**

In tre allevamenti di maiali da ingrasso ad alimentazione continua, bifasica o multifase sono state analizzate misure nell'ambito del foraggiamento allo scopo di accrescere il valore nutrizionale della carne e ridurre l'impatto ambientale. A tal fine, gli alimenti sono stati addizionati di selenio organico, vitamina E e semi di lino, mentre ne è stato ridotto il tenore proteico. Come controllo ci si è basati su cicli di ingrasso con foraggio da ingrasso usuale. Non è stato possibile osservare alcun effetto costante del foraggio sugli incrementi giornalieri. Con quello sperimentale è però aumentato il consumo di foraggio mentre è tendenzialmente diminuita la conversione alimentare. Solo nell'allevamento di maiali da ingrasso ad alimentazione continua si è registrato un peggioramento della qualità delle carcasse: con il foraggio sperimentale il diametro delle costole ha subito una riduzione significativa, mentre lo strato di pancetta ha registrato un notevole incremento. Negli animali in regime di alimentazione multifase (riduzione a cadenza settimanale da 155 a 125 g di proteine grezze per chilo) non si è osservata alcuna riduzione nella percentuale di carne, bensì un marcato aumento del tenore di grasso intramuscolare, il che suggerirebbe una moderata carenza proteica. La riduzione delle proteine non ha apportato alcun incremento significativo dell'efficienza delle proteine stesse.

Summary**Good fattening results despite reduced crude protein content in the feed**

Feeding strategies to improve the nutritional value of pork and at the same time reduce the environmental burden were examined on three pig farms representing single-feed, two-phase and multi-phase feeding systems. The experimental feed was supplemented with selenium, vitamin E and crushed linseed. Furthermore, the protein content was reduced. Fattening runs with common feed served as control. The experimental feed did not consistently affect daily weight gains, but feed consumption increased and feed conversion was impaired in most of the runs. Carcass composition was impaired only in the single-feed system, as evidenced by decreased loin muscle diameter and increased backfat thickness. The lean meat content of pigs in the multi-phase system (reduction in weekly stages from 155 to 125 g crude protein per kg feed) did not decrease, but intramuscular fat content increased, which may indicate a slight under-supply of protein. Overall, the reduction of protein in the feed hardly improved protein efficiency (i.e. protein retention/excretion).

Key words: pig, multi-phase feeding, linseed, protein efficiency.