



Effet de l'incorporation d'acide benzoïque à 0,5 % dans l'alimentation des porcs à l'engrais sur les performances zootechniques et les émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre

Margaux DESMET, Solène LAGADEC, Constance DRIQUE, Khaled AMIN, Nicolas KOLYTCHIEFF, - Chambre d'Agriculture de Bretagne. Juillet 2026

Laurent ROGER, Daniel PLANCHENAU, Sébastien POTOT, Estefania PEREZ-CALVO - DSM-FIRMENICH

L'ajout d'acide benzoïque (AB) à 1 % dans les rations permet de limiter les émissions d'ammoniac (NH_3) des élevages. Cependant, les données ont été obtenues il y a plus de 10 ans. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de 0,5 % d'AB dans des aliments croissance et finition sur les performances zootechniques et environnementales. Des améliorations du gain moyen quotidien (977 vs 944 g/j, $P < 0,001$), de l'indice de consommation (2,53 vs 2,63, $P < 0,001$) et du taux de muscle par pièce (61,3 vs 61,0 %, $P < 0,05$) ont été observées dans les salles AB, permettant un coût de kilo de croît identique au témoin. L'incorporation d'AB a réduit les émissions de NH_3 jusqu'à 24% mais n'a pas eu d'effet sur les émissions de gaz à effet de serre (GES). Ces résultats démontrent les avantages de cette technique avec les niveaux de protéines brutes actuels.

Introduction

L'ammoniac (NH_3) est un gaz nocif pour les êtres-vivants mais aussi pour l'environnement car cela favorise l'eutrophisation des milieux et l'acidification des sols (Krupa *et al.*, 2003). La France est le deuxième pays émetteur d'Europe : 94 % des émissions proviennent du secteur agricole dont 6 % attribués aux élevages porcins (CITEPA, 2023). Le protoxyde d'azote (N_2O) et le méthane (CH_4) sont de puissants gaz à effet de serre dont les pouvoirs de réchauffement global sont bien supérieurs à celui du dioxyde de carbone (IPCC, 2021). En France, l'élevage porcin est responsable de 0,7 % des émissions de GES (CITEPA, 2023).

L'incorporation d'acide benzoïque (AB) dans l'aliment est une technique de réduction des émissions gazeuses. En effet, cela permet de retenir l'azote ammoniacal dans le lisier. Selon la littérature, l'ajout d'AB à 1% réduit les émissions de NH_3 de 25 à 27 % (Guinand *et al.*, 2005 et Canh *et al.*, 1998). Cependant, les données ont été obtenues il y a plus de 10 ans, lorsque les niveaux de protéines brutes (PB) étaient plus élevés (16,5-18,0 % en croissance et 15-16 % en finition) que les niveaux actuels. De récentes études ont aussi montré les effets positifs de l'incorporation d'AB à faibles doses sur les performances zootechniques : Zhai *et al.* (2017) observent une amélioration significative de la croissance avec l'ajout d'AB à 0,5 ou 0,3 %, de + 55 g/j et + 62 g/j respectivement. Selon Humphrey *et al.* (2022), un meilleur gain moyen quotidien (GMQ) est observé pour les porcs alimentés avec de l'AB, par rapport à un régime à faible teneur en PB, autre solution pour réduire les émissions de NH_3 .

Sachant ceci, l'objectif de cette étude est d'évaluer l'ajout de 0,5 % d'AB dans des aliments croissance et finition à faible teneur en PB, sur les performances technico-économiques et environnementales.

Matériels et méthodes

L'expérimentation a été menée en 2022 à la station expérimentale de Crécom sur trois bandes (B1, B2 et B3) de 144 porcs chacune (Piétrain x (Large White x Landrace)). Les porcs, identifiés individuellement, sont répartis au début de l'engraissement (60 j ; $31,0 \pm 8,5$ kg) entre deux régimes : 72 porcs dans la salle AB et 72 porcs dans la salle témoin (T) selon leur poids et sexe (femelles et mâles entiers). Les deux salles sont identiques, contenant chacune 12 cases de six porcs ($1,1 \text{ m}^2/\text{porc}$) avec un abreuvoir et une auge collective (alimentation à sec). Les porcs sont sur caillebotis intégral, avec stockage du lisier en préfosse. Les salles sont ventilées mécaniquement (dépression) avec une température de consigne à 24°C. L'entrée d'air se fait par plafond diffuseur avec une extraction basse.

• Aliments et plan d'alimentation

Les animaux du lot témoin reçoivent une alimentation biphasé avec un aliment croissance jusqu'à 69 kg en moyenne (102 jours) et un aliment finition jusqu'au départ (Tableau 1). Tous les aliments sont supplémentés avec une phytase et une xylanase. Les animaux du lot AB reçoivent les mêmes aliments avec l'incorporation de 0,5 % d'AB (VevoVital®, DSM-Firmenich) sans modification des

taux d'incorporation des autres matières premières. Le plan d'alimentation, commun aux deux salles, est basé sur une ration de 45 g / kg de poids vif à la mise à l'engrais suivie d'une progression de 35 g/j jusqu'au plafond de 2,6 kg/j. Entre chaque bande, les lots témoin et AB changent de salle afin de s'affranchir de l'effet salle. Les aliments sont préparés en miette et distribués deux fois par jour.

Tableau 1 : Caractéristique des aliments témoin et avec AB

	T		AB	
	croissance	finition	croissance	finition
MS ¹ (%)	87,0	86,7	88,0	86,6
MAT ² (%)	14,4	13,1	13,7	12,2
CB ³ (%)	4,4	4,4	4,4	4,3
EN ⁴ (MJ/kg)	9,7	9,7	9,8	9,8
Lysine Dig (g/MJ EN)	0,9	0,8	0,9	0,8

¹ MS : Matière Sèche ; ² MAT : Matière Azotée Totale ; ³ CB : Cellulose Brute ; ⁴ EN : Energie Nette

• Mesures effectuées et traitements statistiques

Analyse des aliments

La fabrication de l'aliment a été réalisée par la société Le Men, fournisseur de la station de Crecom. Tous les aliments sont analysés sur leur taux de MAT, Calcium, Phosphore (P), Cellulose Brute et Matière Grasse ainsi qu'à l'aide du calcul de la valeur d'énergie nette par l'équation EN4 (Noblet *et al.*, 1994) réalisée au Labocéa de Ploufragan (22).

Performances zootechniques et sanitaire

Chaque porc est pesé à jeun à la mise à l'engrais, à 42 j, 84 j et lors du départ à l'abattage avec un objectif de 120 kg de poids vif. Les quantités d'aliments distribuées et les refus sont pesés quotidiennement. A l'abattoir, les caractéristiques des carcasses (poids froid, Taux de muscles des pièces (TMP), G3, G4, M3, M4) sont relevées individuellement. Les consommations d'eau sont mesurées avec un compteur d'eau par demi-salle. L'évaluation de problèmes respiratoires et digestifs a été réalisée trois fois par bande à l'aide des grilles Welfare Quality (Welfare Quality, 2009). En cas de mortalité ou de transfert en infirmerie d'un porc, son âge, son poids et la cause du retrait sont relevés. Les traitements médicamenteux individuels ou collectifs sont enregistrés (date, cause, posologie).

Quantité et composition des effluents produits

Dans chaque salle, le volume de lisier produit a été mesuré et échantillonné en fin de bande. Le volume d'effluents est déterminé selon le nombre de cuves de 1 m³ remplies. Pour chaque une cuve pleine

d'1m³, le lisier est brassé puis un échantillon de 2 L est prélevé. Pour réaliser l'échantillon final, les échantillons sont mélangés puis 2 L sont prélevés et envoyés au laboratoire Labocéa de Ploufragan pour évaluer les teneurs en azote (N) total, azote ammoniacal, carbone (C) total, carbone organique, phosphore, matière sèche et le pH.

Qualité de l'air et des émissions gazeuses

Les concentrations gazeuses en NH₃, N₂O, CH₄, CO₂ et vapeur d'eau ont été mesurées dans l'air ambiant des salles (qualité de l'air), dans l'air extrait (émissions gazeuses) et à l'extérieur du bâtiment (air entrant) toutes les 12 min, par un analyseur de gaz photo-acoustique à infrarouge INNOVA 1412. Les émissions de chaque gaz sont calculées à partir des gradients de concentrations de gaz (en mg/m³) et des débits d'air dans les salles (m³/h/porc). Les gradients de concentrations correspondent à la différence entre les concentrations mesurées dans l'air extrait de la salle et dans l'air extérieur. Le débit de ventilation est estimé à partir du bilan CO₂ en considérant que la ventilation explique la relation entre la production et le gradient de CO₂ : le débit de ventilation est calculé comme étant le rapport du gradient de CO₂ divisé par la production de CO₂ sortant de la ventilation (Hassouna et Eglin, 2015). Pour chaque bande, les émissions cumulées sont calculées, correspondant aux émissions totales émises. Ce cumul détermine les émissions moyennes par gaz en g/porc/jour.

Contrôle des mesures d'émissions gazeuses

Le contrôle des mesures d'émissions est fait en trois étapes (Hassouna et Eglin, 2015). La première est la réalisation d'un bilan de masse sur le phosphore, élément non volatil. L'écart entre le phosphore sortant (rejeté et retenu par les animaux, calculé selon l'équation du RMT 2016) et le phosphore entrant (ingéré) doit être nul (aux incertitudes près) pour valider les mesures réalisées. Etant donné la difficulté pour échantillonner les effluents, les incertitudes sur les analyses et les données d'entrée, on considère comme acceptable une erreur ≤ 10% (Hassouna et Eglin, 2015).

La seconde étape consiste à calculer des bilans de masse sur l'eau, l'azote et le carbone. La différence, le « défaut de bilan de masse » doit correspondre, aux quantités de H₂O, N ou C volatilisées, respectivement, sous forme de vapeur pour l'eau, de NH₃, de N₂O, et de diazote (N₂) pour l'azote et sous forme de CH₄ et de CO₂ pour le carbone.

La troisième étape consiste à comparer les défauts de bilan de masse (les pertes gazeuses) avec les émissions mesurées par l'analyseur. Elles doivent correspondre entre-elles selon ces équations :

- Emission cumulée $H_2O = H_2O$ volatilisé
 - Emissions cumulées $N-NH_3 + N-N_2O \leq N$ volatilisé
 - Emissions cumulées $C-CH_4 + C-CO_2 \leq C$ volatilisé
 Seul H_2O permet de valider les mesures. Pour N et C, leurs émissions cumulées peuvent être inférieures aux défauts de bilan de masse. Etant donné les incertitudes de mesure, on considère qu'une différence < 30% entre ces deux modalités est acceptable (Hassouna et Eglin, 2015).

Analyse des résultats

Les analyses statistiques ont été faites sous R. Les données d'indice de consommation (IC), de consommation journalière et de coût alimentaire ont été soumises à une analyse de covariance avec la case comme unité statistique, en effets fixes le traitement (T), la bande (B), le sexe (S) et leurs interactions et le poids moyen initial de la case en covariable. Les données de croissance des porcs ont été analysées par covariance en modèle mixte avec en effets fixes T, B, S, leurs interactions, en effet aléatoire la case et en covariable le poids initial. Les caractéristiques individuelles de carcasse ont été étudiées par analyse de variance avec les effets T, B, S et leurs interactions. Le poids chaud de la carcasse est intégré en covariable pour analyser le TMP.

Une comparaison numérique a été réalisée entre les concentrations gazeuses dans l'air ambiant et les émissions gazeuses mesurées entre le témoin et l'AB. Cela permet d'analyser l'effet de l'ajout d'AB dans l'alimentation sur la qualité de l'air et les émissions de NH_3 , CH_4 et N_2O . A cause de la variabilité temporelle des concentrations, un test statistique n'est pas possible. La comparaison entre les deux salles a été faite sur les rejets azotés et la composition des effluents.

RESULTATS ET DISCUSSION

• Performances technico-économiques et sanitaires

Sur les 3 bandes, six porcs ont été écartés, l'analyse technico-économique ne les prend pas en compte. L'incorporation de 0,5% d'AB entraîne **une amélioration significative du GMQ par rapport au témoin** (Tableau 2). C'est en accord avec Zhai *et al.* (2017) et Humphrey *et al.*, (2022) qui notent une amélioration du GMQ respectivement de + 55 g/j et + 39 g/j à 0,5 % d'AB. Le GMQ est plus élevé pour les mâles entiers que pour les femelles, mais aucun effet de l'interaction T x S n'est observé (excepté pour le GMQ croissance). Cette augmentation peut être attribué à l'AB qui améliore la morphologie de l'intestin et donc la digestion et l'absorption des nutriments (Halas *et al.*, 2010 ; Diao *et al.*, 2014 ; Guggenbuhl *et al.*, 2007). Une meilleure efficacité alimentaire est observée avec l'AB, permettant

l'obtention d'un coût alimentaire du kilo de croît identique entre les deux lots malgré un prix de l'aliment 3 % plus élevé avec l'ajout d'AB (Tableau 2). Zhai *et al.* (2017), Planchenault *et al.* (2020) et Humphrey *et al.*, (2022) ont aussi constaté une tendance à l'amélioration de l'efficacité alimentaire avec 0,5 % d'AB, mais sans être significatif.

Tableau 2 : Performances zootechniques selon le traitement

	T	AB	P ¹
GMQ (g/j)	944	977	***
Durée d'engraissement (j)	94,6	93,2	***
IC	2,63	2,53	***
Coût alimentaire du kilo de croît (€/kg)	1,178	1,176	NS
TMP	61,0	61,3	*
Marge sur coût alimentaire (€/100 kg de carcasse)	92,41	92,47	NS

* : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$; *** : $P < 0,001$

Une amélioration du TMP été observée dans les salles AB résultant d'une plus grande épaisseur de muscle, mais sans impact sur la plus-value technique (Tableau 2). Avec des performances de carcasses et de coût alimentaire similaires, la marge sur coût alimentaire est identique entre les lots.

L'évaluation de problèmes respiratoires et digestifs n'a pas mis en évidence de différences entre les lots. Cependant, les notations étant ponctuelles et ne sont pas représentatives de l'ensemble des bandes concernant les problèmes digestifs. Sur les trois bandes, on constate que des traitements pour raisons digestives ont été deux fois plus administrés pour les lots témoins que pour les AB, soit une diminution du coût sanitaire de 58 %, mais sans impact sur la marge sur coût alimentaire et sanitaire. L'amélioration de ces performances peut être liée à l'effet de l'AB sur l'abaissement du pH intestinal, aidant à la lutte contre les agents pathogènes et à l'amélioration du microbiote intestinal (Diao *et al.*, 2014 ; Halas *et al.*, 2010).

• Performances environnementales

Bilans de masse phosphore, azote et carbone

Les bilans de masse de N et C sont validés par celui du phosphore, sa différence étant inférieure à 10 %. Pour le bilan de l'azote, on constate que les quantités d'N ingérées sont légèrement inférieures dans les lots AB, en raison d'un aliment à plus faible teneur en PB et d'une consommation alimentaire légèrement réduite. Une meilleure rétention corporelle est observée chez le groupe AB, liée à l'amélioration des performances précédemment citée. Les porcs AB ont donc excrété moins d'azote que les témoins (Tableau 3), ce résultat est en accord avec Daumer *et al.*, (2007). Comme l'azote, les quantités de C ingérées sont légèrement inférieures pour les lots AB mais aucun effet n'est observé sur les pertes (Tableau 3).

Composition des effluents produits

Malgré des quantités d'N excrétées plus faibles par le lot AB, **les quantités d'azote dans les lisiers sont plus élevées dans la salle AB que dans la salle témoin** (Tableau 3). La meilleure conservation de l'azote dans les lisiers est due une présence plus importante d'azote ammoniacal sous forme ionisée (NH_4^+), non volatilisable, par rapport à l'ammoniac volatil (NH_3). Cela est permis par la réduction du pH du lisier issue de la métabolisation de l'AB (Kristensen *et al.*, 2009). Les effluents sortis sont donc plus riches en azote ammoniacal utilisable par les plantes (Tableau 3). Les pH des lisiers mesurés en fin d'engraissement ne diffèrent pas entre les lots (Tableau 3). Ceci peut être lié à la production d'ions OH^- lors de la décongélation des échantillons. Aucun effet sur les autres éléments (C, P, MS) n'a été observé. Selon Canh *et al.* (1998), cela peut être lié au pouvoir tampon des fèces.

Tableau 3 : Performances environnementales selon le traitement

	B1		B2		B3	
	T	AB	T	AB	T	AB
N retenu (kg/porc)	2,22	2,29	2,27	2,32	2,38	2,39
N excrété (kg/porc)	2,33	2,22	2,45	2,28	2,46	2,40
C retenu (kg/porc)	15,6	15,7	15,6	15,9	16,3	16,4
C excrété (kg/porc)	71,9	69,8	74,8	74,3	77,7	72,7
N lisiers (kg N total/porc)	1,35	1,44	1,60	1,65	1,52	1,53
N ammoniacal dans les rejets (kg N-NH_4^+ /porc)	0,76	0,78	0,96	0,96	0,82	0,79
pH	7,30	7,33	7,39	7,54	7,30	7,22

Facteurs d'émissions gazeuses

Les mesures des émissions gazeuses ont montré une **réduction des émissions de NH_3 dans les salles AB par rapport aux témoins** (Tableau 4). Plus les températures extérieures sont élevées, plus le taux de réduction des émissions est important (Tableau 4). Aucun effet n'a été observé pour les émissions de N_2O et de CH_4 . Les facteurs d'émissions de NH_3 sont proches de celui retenu par le CITEPA (2,4 kg NH_3 /place de porc/an, soit 7,3 g/porc/j). Les facteurs d'émissions de N_2O sont très faibles, à la limite de détection de l'analyseur. Enfin les émissions de CH_4 varient entre 4,69 et 9,47 g/porc/j, en accord avec les mesures de Philipe *et al.* (2014).

Tableau 4 : Emissions gazeuses de NH_3 selon le traitement et températures moyennes

	B1	B2	B3
Différence (%) entre les émissions gazeuses de NH_3 de T et AB	-17%	-24%	-10%
Température (moyennes $\pm$ écart-type ; °C)	9,5 $\pm$ 3,5	17,3 $\pm$ 5,3	6,4 $\pm$ 4,8

Les taux de réductions des émissions de NH_3 sont équivalents à ceux référencés dans le BREF élevage (-6,4 % à -24 % de réduction) pour une supplémentation à 1 % d'AB dans un régime biphasé et avec des taux plus élevés de PB (de 16,6 à 18,1 % en croissance ; de 15 à 16,2 % en finition). Avec une supplémentation de 0,5 % d'AB, les réductions référencées n'étaient que de -3,6 % à -6 % pour une alimentation biphasé avec des taux de PB également plus hauts (16,6 % en croissance ; de 15,1 à 15,5 % en finition). Ces différences s'expliquent par le fait que la réduction du taux de PB entraîne une diminution du pouvoir tampon et donc une meilleure efficacité de l'AB (Daumer *et al.*, 2007).

Qualité de l'air

Dans l'air ambiant, **les concentrations en NH_3 moyennées sur les trois bandes sont de $16,3 \pm 2,4$ ppm dans les salles témoins et de $14,0 \pm 2,7$ ppm dans les salles avec AB**. Ces taux sont inférieurs à la valeur limite d'exposition professionnelle de 20 ppm sur 15 minutes (INRS, 2022). Par ailleurs, l'ajout d'AB dans l'aliment a permis de diminuer la concentration en NH_3 d'au moins 2 ppm.

CONCLUSION

L'AB incorporé à 0,5 % dans l'aliment à bas taux protéique favorise la rétention d'azote par les porcs et la présence d'azote non volatilisable des lisiers (NH_4^+). Ainsi, une amélioration des performances zootechnique (GMQ, TMP) et une réduction des émissions des émissions de NH_3 allant de 10 à 24 % selon les saisons a été observée. De plus, cette solution a plusieurs avantages: elle est simple à mettre en place ne nécessite pas d'investissements et n'impacte pas la rentabilité des élevages. Enfin, elle permet d'obtenir des résultats similaires à ceux obtenus pour une incorporation de 1 % d'AB, et ce, dans des contextes d'aliments avec de faibles taux de PB. Cette solution est également intéressante à l'échelle de l'exploitation pour son intérêt agronomique de recyclage de l'azote, mais encore faut-il prendre des précautions pour une bonne gestion du lisier et éviter les pertes de NH_3 au stockage ou à l'épandage. Enfin, pour limiter le surcoût lié à l'ajout d'AB, il serait intéressant d'étudier les effets d'une dose décroissante d'AB dans l'aliment au cours de l'engraissement sur les performances environnementales comme a pu le faire Planchenault *et al.*, (2020).

SYNTHÈSE – ANGLAIS

The addition of feed additives such as 1 % benzoic acid (BA) has been recognised as a technique for decreasing ammonia (NH₃) emissions from farms. However, these data were obtained more than 10 years ago, when crude protein (CP) concentrations were higher (17-18 % and 15-16 % in grower and finisher phases, respectively) than those currently used by pig producers.

The objective of this study was to evaluate effects of incorporating 0.5 % BA in commercial grower and finisher feed (14.4 % and 13.1 % CP, respectively) on zootechnical and environmental performances. Three batches of 144 fattening pigs were monitored. For each batch, 72 pigs received a two-phase diet with the incorporation of 0.5 % BA, while 72 pigs received a traditional two-phase diet. For each batch, zootechnical performances were recorded, and gaseous emissions were measured continuously, with validation by mass balance. Improvements in average daily gain (977 vs 944 g/d, $P < 0.001$), feed conversion ratio (2.53 vs 2.63, $P < 0.001$) and lean percentage of the meat (61.3 % vs 61.0 %, $P < 0.05$) were observed for the pigs that had received BA, which resulted in the same feed cost per kg of weight gained, despite the additional cost of BA. The incorporation of BA reduced NH₃ emissions depending on temperature, but had no effect on greenhouse gas emissions. These results demonstrate the zootechnical and environmental advantages of this technique with current CP concentrations.

Références bibliographiques

- Canh T.T., 1998. Ammonia emission from excreta of growing-finishing pigs as affected by dietary composition. PhD Thesis. Agric. Univ. Wageningen, The Netherlands, 163 p.
- CITEPA, 2023. Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques. Bilan des émissions en France de 1990 à 2022. Rapport Secten ed. 2023.
- Daumer M-L., Guiziou F., Dourmad J-Y., 2007. Influence de la teneur en protéines de l'aliment et de l'addition d'acide benzoïque et de phytase microbienne sur les caractéristiques des effluents chez le porc à l'engraisement. Journées Rech. Porcine, 39, 13-22
- Diao H., Zheng P., Yu B., He J., Mao X. B., Yu J., Chen D. W., 2014. Effects of dietary supplementation with benzoic acid on intestinal morphological structure and microflora in weaned piglets. Livest. Sci., 167, 249-256.
- Guggenbuhl P., Séon A., Piñón Quintana A., Simões Nunes C., 2007. Effects of dietary supplementation with benzoic acid (VevoVital®) on the zootechnical performance, the gastrointestinal microflora and the ileal digestibility of the young pig. Livest. Sci., 2007, 218-221.
- Guingand N., Demerson L., Broz J., 2005. Incidence de l'incorporation d'acide benzoïque dans l'alimentation des porcs charcutiers sur les performances zootechniques et l'émission d'ammoniac. Journées Rech. Porcine, 37, 1-6.
- Halas D., Hansen C. F., Hampson D. J., Mullan B. P., Kim J. C., Wilson R. H., Pluske J. R., 2010. Dietary supplementation with benzoic acid improves apparent ileal digestibility of total nitrogen and increases villous height and caecal microbial diversity in weaner pigs. Anim. Feed Sci. Tech, 160, 137-147.
- Hassouna M., Eglis T., 2015. Mesurer les émissions gazeuses en élevage : gaz à effet de serre, ammoniac et oxydes d'azote. Diffusion INRA-ADEME, 314 p.
- Humphrey D. C., Bergstrom J. R., Pérez-Calvo E., Trabue S. L., Scoggin K. D., Greiner L. L., 2022. The effect of benzoic acid with or without a direct-fed microbial on the nutrient metabolism and gas emissions of growing pigs. J. Anim. Sci., 2022, 100, 1-11.
- INRS, 2022. Valeurs limites d'exposition professionnelle établies pour les substances chimiques. Logiciel en ligne
- IPCC, 2021. Technical Summary. In Climate Change 2021: The Physical Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kristensen N. B., Nørgaard J. V., Wamberg S., Engbæk M., Fernández J. A., Zacho H. D. and Poulsen H. D., 2009. Absorption and metabolism of benzoic acid in growing pigs. J Anim. Sci, 2009, 87:2815-2822.
- Krupa S.V., 2003. Effects of atmospheric ammonia (NH₃) on terrestrial vegetation: A review. Environ. Pollut, 124, 179–221.
- Planchenault D., Gracia M., Bonekamp R., Walsh M., Perez-Calvo E., 2020. Effets de différentes doses d'acide benzoïque sur les performances zootechniques des porcs charcutiers entre 25 kg et l'abattage. Journées Rech. Porcine, 52, 171-172
- RMT Elevage et environnement, 2016. Evaluation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs, 26 pp.
- Welfare Quality®, 2009. Welfare Quality® assessment protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands
- Zhai H., Ren W., Wang S., Wu J., Guggenbuhl P., Klünter A-M., 2017. Growth performance of nursery and grower-finisher pigs fed diets supplemented with benzoic acid. Animal Nutrition 3:3, 232-235. Université de Liège. 306 pages

CONTACTS

Chambres d'Agriculture de Bretagne

Margaux DESMET, Solène LAGADEC, Constance DRIQUE

DSM-FIRMENICH

Laurent ROGER, Daniel PLANCHENAUT, Sébastien POTOT, Estefania PEREZ-CALVO

PARTENAIRES FINANCIERS

dsm-firmenich 

