



# Q-Porkchains, un programme de recherche européen pour des filières de production porcine durables

**La recherche porcine européenne s'engage dans la durabilité**

**Mots-clés : porc, durabilité, sel, biomarqueurs, mâles, cycle de vie, wikiporc**

**Auteurs : Michel Bonneau<sup>1</sup>, Frédéric Pennamen<sup>2</sup>, Jean-Yves Dourmad<sup>1</sup> et Bénédicte Lebre<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> INRA, UMR1348 Pegase, 35590 Saint-Gilles, France, Agrocampus Ouest, F-35000 Rennes, France ; <sup>2</sup> Filière Glon porcs, BP 61, Saint Gérard, 56302 Pontivy Cedex, France

\* E-mail de l'auteur correspondant : [jean-yves.dourmad@rennes.inra.fr](mailto:jean-yves.dourmad@rennes.inra.fr)

**Cet article constitue une synthèse des travaux du programme Q-Porkchains tels qu'ils ont été présentés aux 45<sup>èmes</sup> journées de la recherche porcine. Six résultats particulièrement significatifs sont présentés ici.**

## Résumé :

Le projet de recherche Européen Q-Porkchains (2007-2012), coordonné par l'Université de Copenhague, a obtenu un financement de 14,5 millions d'Euros de la Communauté Européenne sur cinq ans pour conduire des recherches contribuant au développement de filières de production porcine innovantes, intégrées et durables, capables de fournir des produits qui correspondent aux demandes des consommateurs et aux attentes de la société. Ce projet a mobilisé l'équivalent de 200 années de travail à temps plein au sein de 62 institutions de 20 pays. Six partenaires français ont participé aux travaux: l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), l'Institut de la Filière Porcine (IFIP), l'Institut Polytechnique La Salle de Beauvais, la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne (CRAB), Hypor France et le Groupe Glon. Compte-tenu du nombre de projets menés dans le cadre de Q-Porkchains, la session spéciale des dernières Journées de la Recherche Porcine (JRP), qui est résumée ici, s'est concentrée sur quelques résultats particulièrement significatifs. Pour une vue plus exhaustive, on se reportera au site des JRP ([www.journees-recherche-porcine.com](http://www.journees-recherche-porcine.com)) qui recense les travaux cités ou au rapport synthétique final du projet Q-Porkchains (Heimann et al., 2012) téléchargeable sur [www.q-porkchains.org](http://www.q-porkchains.org).

## Abstract: Q-Porkchains, a European research project for sustainable pork production chains

The EU-funded research project Q-Porkchains (Quality Porkchains; [www.q-porkchains.org](http://www.q-porkchains.org)) was carried out from January 2007 to June 2012. It was coordinated by the University of Copenhagen and a total of 200 full time equivalents were mobilised by 62 partners in 20 countries. French participants included the French National Institute for Agricultural Research (INRA), the French Pork and Pig Institute (IFIP), the Polytechnic Institute La Salle Beauvais, the Regional Chamber of Agriculture in Brittany (CRAB), Hypor France and the Glon Group. The general objective of Q-Porkchains was to contribute to the development of innovative, integrated and sustainable chains for the production of high quality pork and pork products matching consumer demands and citizen expectations. Q-Porkchains produced and disseminated new knowledge on consumer demands and citizen attitudes and expectations, sustainability of pig husbandry systems, processing of pork products, chain management and governance, quality measurement and management. It also endeavoured to integrate knowledge through modelling ([www.gpc-models.dk](http://www.gpc-models.dk)), to disseminate it, particularly via the development of on line teaching modules ([www.q-porkchains.org/e-learning.aspx](http://www.q-porkchains.org/e-learning.aspx)), and to put it into practice through demonstration and pilot chains ([www.q-porkchains-industry.org](http://www.q-porkchains-industry.org)) and the development of tools ([www.tgxnet.no/gpc-cpdt](http://www.tgxnet.no/gpc-cpdt)). Key results from Q-Porkchains are presented along the three main integrated themes: exploiting and enhancing the diversity of consumer and societal demands, production chains and products; Enhancing overall sustainability for the planet, people and profit; and managing quality through quality assessment and quality assurance.

## PRESENTATION DU PROJET EUROPEEN Q-PORKCHAINS

Les actes des 45<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Porcine (JRP) rendent compte des résultats d'un vaste programme de recherche européen qui s'est étendu de 2007 à 2012 : Q-Porkchains. Ce projet, qui s'inscrit dans le cadre du 6<sup>ème</sup> programme cadre « Recherche, Développement Technologique et Activités de Développement » créé et soutenu par l'Union européenne, est comparable, tant dans son ampleur que dans ses objectifs, au projet ProSafebeef dans le secteur de la viande bovine, déjà évoqué dans V&PC. Q-Porkchains a obtenu un financement de 14,5 millions d'€ de l'UE sur cinq ans et vise à fédérer des recherches contribuant au développement de filières de production porcine « innovantes, intégrées et durables, capables de fournir des produits qui correspondent aux demandes des consommateurs et aux attentes de la société », précise l'introduction des travaux dans les actes des JRP. Le projet a associé 62 institutions dans 20 pays. Six partenaires français ont participé aux travaux: l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), l'Institut de la Filière Porcine (IFIP), l'Institut Polytechnique La Salle de Beauvais, la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne (CRAB), Hypor France et Glon.

Les domaines de recherche de Q-PorkChains, s'ils sont très variés, ont concerné prioritairement les politiques de qualité au sens large (durabilité, nutrition-santé, outils d'évaluation précoce, qualité organoleptique, segmentation et marchés de niche) et les liens de la production avec les consommateurs, un élément jugé comme prépondérant dans le maintien d'une filière porcine forte en Europe. Le

programme entendait ainsi répondre à un contexte de compétition croissante de pays à bas coût de production et à l'exigence croissante des utilisateurs des viandes en termes de qualité et de sécurité, et d'attentes fortes de la société concernant l'impact environnemental et le bien-être animal.

Les travaux ont notamment porté sur les rapports entre consommateurs et citoyens (segmentation des marchés, comportements et consentements à payer, marketing et nouveaux outils de développement), sur la durabilité, sur la transformation (amélioration de la qualité nutritionnelle, optimisation de la qualité, développement de produits à forte commodité), sur la gestion et la gouvernance des filières, sur la qualité des viandes et des produits (identification de marqueurs moléculaires, application des nouvelles méthodes moléculaires, biologie musculaire et qualité des viandes), sur la modélisation des connaissances et enfin sur la dissémination et le transfert des connaissances.

Compte-tenu du nombre de projets menés dans le cadre de Q-Porkchains, qui a mobilisé l'équivalent de 200 années de travail à temps plein, la session spéciale des dernières JRP s'est concentrée sur quelques résultats particulièrement significatifs. Pour une vue plus exhaustive, on se reportera au site des JRP ([www.journees-recherche-porcine.com](http://www.journees-recherche-porcine.com)) qui recense les travaux cités ou au rapport synthétique final du projet Q-Porkchains (Heimann et al., 2012) téléchargeable sur [www.q-porkchains.org/](http://www.q-porkchains.org/).

Les actes des JRP retiennent six résultats d'étude dans les principaux champs de recherche de Q-Pork Chains.

## SYNTHESE DES TRAVAUX DE Q-PORKCHAINS PRESENTES AUX 45EMES JOURNEES DE LA RECHERCHE PORCINE

**Le premier article** concerne « *les technologies de procédé et de contrôle pour réduire la teneur en sel du jambon sec et des saucissons* ». L'article, rédigé par des chercheurs espagnols (a), est susceptible d'intéresser les industriels français de la charcuterie-salaison, qui se sont engagés collectivement dans une baisse des taux de sodium à fin 2013. Dans certains pays européens, les produits carnés élaborés peuvent en effet représenter près de 20% de la consommation journalière de sodium.

L'article présente des résultats d'expériences menées en Espagne qui ont permis de réduire le taux de sodium par des procédés industriels. Le système « Quick-Dry-Slice process » (QDS®), couplé avec l'utilisation de sels substituant le chlorure de sodium (NaCl), a permis de fabriquer, avec succès, des saucisses fermentées à basse teneur en sel en réduisant le cycle de fabrication et sans ajout de NaCl supplémentaire. Les technologies de mesure en ligne non destructives, comme les rayons X et l'induction

électromagnétique, permettent de classifier les jambons frais suivant leur teneur en gras, un paramètre crucial pour adapter la durée de l'étape de salaison. La technologie des rayons X peut aussi être utilisée pour estimer la quantité de sel incorporée pendant la salaison. L'information relative aux teneurs en sel et en gras est importante pour optimiser le processus d'élaboration du jambon sec en réduisant la variabilité de la teneur en sel entre les lots et dans un même lot, mais aussi pour réduire la teneur en sel du produit final. D'autres technologies comme la spectroscopie en proche infrarouge (NIRS) ou spectroscopie microondes sont aussi utiles pour contrôler le processus d'élaboration et pour caractériser et classifier les produits carnés élaborés, selon leur teneur en sel. La plupart de ces technologies peuvent être facilement appliquées en ligne dans l'industrie afin de contrôler le processus de fabrication et d'obtenir ainsi des produits carnés présentant les caractéristiques recherchées.

**Le deuxième article**, rédigé par des auteurs français et danois (b) évoque « *l'identification par transcriptomique de biomarqueurs de la qualité de la viande de porc* ». Afin de mieux comprendre la construction biologique de la qualité de la viande et d'en identifier des biomarqueurs pour prédire la qualité ultérieure de la viande, les associations entre le transcriptome (expression de la quasi-totalité des gènes) du muscle à l'abattage et des caractères technologiques et sensoriels (pH, perte en eau, couleur, lipides

intramusculaires, force de cisaillement, tendreté) ont été étudiées dans un dispositif expérimental incluant des porcs de races contrastées (Basque et Large White, n=50) issus de différents systèmes d'élevage, conduisant à une variabilité élevée des qualités technologique et organoleptique. De nombreuses corrélations entre l'expression des gènes et plusieurs caractères de qualité ont été obtenues par analyse transcriptomique. L'expression de 40 de ces gènes quantifiée par RT-PCR a permis de confirmer 113 associations

transcrit-caractère de qualité, parmi lesquelles 60 ont ensuite été validées sur des données indépendantes (n=50) du même dispositif. Puis, sur des animaux commerciaux d'origine génétique différente (n=100), 19 associations ont été validées pour différents caractères : pH (6), pertes en eau (4), L\* (5), h° (2), lipides intramusculaires (1) et tendreté (1). Enfin, des modèles de régression multiple incluant 3 à 5

**Le troisième article**, rédigé par des auteurs suédois et espagnols (c), porte sur l'élevage de porcs mâles entiers sans mélange d'animaux non familiers, un thème intéressant autant le bien-être animal que la qualité organoleptique de la viande. Deux traitements ont été comparés sur un total de 96 porcs mâles entiers issus de 24 portées. Dans le premier traitement, les porcelets de deux portées pouvaient se rendre visite à partir de deux semaines d'âge, grâce à une ouverture pratiquée entre les cases de mise bas. Les mâles entiers de ces portées ont été élevés ensemble jusqu'à l'abattage sans être mélangés avec d'autres animaux. Les porcs témoins ont été élevés et sevrés au sein de leur portée, puis mélangés avec des animaux inconnus à leur entrée en engraissement. Les porcs ont été abattus à 116 kg de poids vif, les témoins en plusieurs départs sur la base de leur poids, les autres par case entière. Les résultats relatifs aux observations comportementales, à la croissance et aux lésions cutanées

**Le quatrième article** porte sur « l'évaluation par analyse de cycle de vie de la durabilité environnementale de systèmes contrastés de production porcine en Europe ». Il a été rédigé par des auteurs français, espagnols, danois, allemands et hollandais (d). La durabilité environnementale de 15 systèmes de production porcine en Europe a été évaluée dans le cadre du programme Q-PorkChains en utilisant la méthode d'analyse du cycle de vie (ACV). Un système conventionnel et deux systèmes alternatifs ont été étudiés dans cinq pays. Les différents systèmes ont été regroupés en quatre types : conventionnel (C), conventionnel adapté (AC), traditionnel (T) et biologique (B). Les systèmes AC présentaient relativement peu de différenciations comparativement aux systèmes C, seulement des changements limités visant à améliorer le bien-être, la qualité des produits ou l'environnement. Les changements étaient beaucoup plus marqués pour les systèmes T, avec

**Le cinquième article** est une présentation d'un « outil d'évaluation de la durabilité des systèmes d'élevage de porcs ». Les études ont été menées par des chercheurs français, hollandais, allemands, espagnols, danois, suédois et britanniques. (e)

Un outil d'évaluation de la durabilité des systèmes d'élevage porcin a été mis au point dans le cadre du programme Q-PorkChains, sur la base de la bibliographie et de l'expertise des chercheurs participants. Il évalue la durabilité selon huit thèmes relatifs aux demandes des éleveurs, des consommateurs et des citoyens : ressources génétiques, santé et bien-être animal, environnement, sécurité sanitaire et qualité de la viande, économie, conditions de travail. Les données proviennent d'enquêtes auprès des éleveurs et des organisations de sélection, d'observations en élevage et de mesures en abattoir. L'évaluation globale de la durabilité est effectuée à partir

gènes permettent d'expliquer jusqu'à 59% de la variabilité d'un caractère. Ainsi, des biomarqueurs de la qualité de la viande de porc ont été identifiés et validés, toutefois, leur valeur prédictive doit être encore améliorée afin de développer des outils d'évaluation précoce *post-mortem* de la qualité.

montrent que les porcelets de deux portées peuvent être mélangés sans problème. Les cas d'allaitement croisé sont très rares et les truies n'attaquent pas les porcelets étrangers. Aucune différence significative n'a été observée sur les performances de croissance. A l'entrée en engraissement, les porcelets élevés en groupes d'animaux familiers sont moins agressifs et ont moins de lésions cutanées que les témoins qui tendent à croître moins vite pendant les premières semaines après le mélange. A 60 kg, les porcs témoins ont plus de comportement de monte, mais aucune différence n'est observée à l'abattage pour le poids des testicules ou les teneurs en composés malodorants. La vitesse de croissance ne diffère pas en croissance-finition. A l'abattage, les mâles entiers élevés en groupe d'animaux familiers et abattus par cases entières présentent beaucoup moins de lésions cutanées que les témoins abattus en plusieurs départs.

souvent l'utilisation de races locales et l'élevage en plein air des porcs à l'engrais. En moyenne pour les systèmes C, les impacts exprimés par kg de porc vif produit s'élevaient à respectivement 2,25 kg CO<sub>2</sub> eq, 44 g SO<sub>2</sub> eq, 18,5 g PO<sub>4</sub> eq, 16,2 MJ et 4,13 m<sup>2</sup> pour le changement climatique, l'acidification, l'eutrophisation, l'utilisation d'énergie et l'utilisation de surface. Comparativement à C, les impacts étaient en moyenne respectivement 13%, 5%, 0%, 2% et 16% plus élevés pour AC ; 54%, 79%, 23%, 50% et 156% plus élevés pour T, et 4%, -16%, 29%, 11% et 121% plus élevés pour B. A l'inverse, lorsque les impacts étaient exprimés par ha, ils étaient inférieurs de 10 à 60% en moyenne, pour les systèmes T et B. Les systèmes conventionnels présentent des impacts globaux, exprimés par kg de porc, plus faibles, alors que les systèmes différenciés ont des impacts locaux, exprimés par ha, les plus faibles.

d'un nombre limité d'indicateurs primaires pour chacun des thèmes. L'outil a été testé dans cinq pays européens sur un total de 15 systèmes d'élevage. Chacun des huit thèmes considérés participe effectivement à la variabilité observée et ils ne sont pas redondants. Le conflit d'intérêt le plus marquant est entre l'Economie et les autres thèmes, particulièrement le Bien-être animal. L'outil permet d'établir des profils qui montrent les forces et les faiblesses des systèmes. Du fait que l'outil a été testé sur des systèmes très contrastés, on peut s'attendre à ce qu'il soit suffisamment robuste pour permettre une évaluation fiable de systèmes d'élevage très variés, depuis les plus conventionnels jusqu'aux plus traditionnels. L'outil peut être simplifié en réduisant de moitié le nombre d'indicateurs primaires, sans perdre de sa pertinence pour décrire les forces et faiblesses des systèmes.



Enfin, le **sixième et dernier article** porte sur la mise au point d'un système d'information pour le pilotage optimisé d'une filière porc baptisé Wikiporc. Il a été rédigé par des auteurs français, hollandais, et allemands (f).

Ces travaux décrivent le système d'information de la filière Glon porcs permettant d'optimiser les activités entre maillons partenaires, en améliorant l'échange et l'utilisation d'informations pertinentes (Brinkmann et al, 2011) relatives à la santé animale, à la qualité et aux résultats techniques et économiques des porcs produits dans la filière (Ellebrecht, 2012).

Dans le cadre du module IV du programme Q-PorkChains consacré au management des filières porcines, Glon s'est positionné comme filière pilote et de démonstration avec l'appui de ses partenaires européens ChainFood, GIQS, ainsi que les Universités de Wageningen et de Bonn (Pilot 2). Un système d'information accessible via le réseau Internet est mis en place à partir de la technologie ChainPoint® (ChainFood, NL), complétée de développements informatiques assurés par Glon. Le portail Wikiporc est alimenté quotidiennement par différents types d'informations associées aux porcs d'un élevage donné : résultats d'abattage, résultats d'analyses de laboratoires, résultats techniques et économiques, rapports de comparaison entre les saisies en abattoir de l'élevage et celles de son groupement de producteurs, rapports vétérinaires des contrôles sanitaires en abattoir (poumons, abcès, pleurésie, nez...), comptes rendus techniques et vétérinaires, ordonnances et prescriptions médicamenteuses, statuts potentiels vis-à-vis de maladies.

Des rapports analytiques sont développés à partir des données collectées dans Wikiporc, comme l'analyse comparée des saisies en abattoir qui explicite la proportion (%) de porcs sans observation vétérinaire et celles (%) des porcs sujets à observation, répartis selon le type d'observation. Cette analyse est réalisée pour différentes périodes : trimestrielle, semestrielle ou annuelle. Elle permet de comparer ainsi l'élevage à ses précédents résultats et à un groupe d'éleveurs défini. Enfin, l'incidence économique, pour chaque cause de mise en observation, est établie (€/porc). Le coût global (€) des saisies par élevage est ainsi estimé pour chaque période en tenant compte du nombre de porcs abattus, en comparaison avec la période précédente et avec le groupe d'éleveurs de référence.

Le portail Wikiporc permet de disposer désormais d'une information globale rassemblant des résultats relatifs à la santé animale et aux résultats technico-économiques des élevages, qualifiant ainsi la production de porcs au sein d'une filière. L'intérêt de la convergence de résultats interentreprises réside dans le partage d'informations, profitable pour améliorer l'échange, l'utilisation et le pilotage de la santé, de la performance zootechnique et de la qualité des porcs dans chaque maillon de la filière. Ce portail offre parallèlement des perspectives nouvelles en matière de traçabilité pour l'abattage et l'aval de la filière, notamment par la prédiction qualitative des lots abattus (informations sur la chaîne alimentaire, salmonelles), leur gestion et leur différenciation pour l'aval de la filière.

### **Références des articles cités**

(a) Jacint ARNAU, Elena FULLADOSA, Núria GARCIA-GIL, Xavier SERRA, Maria Dolors GUÀRDIA, Pere GOU, Josep COMAPOSADA, Pierre PICOUET, Israel MUÑOZ  
IRTA, Finca Camps i Armet, E-17121 Monells, Espagne  
[Jacint.Arnau@irta.cat](mailto:Jacint.Arnau@irta.cat)

(b) Bénédicte LEBRET<sup>1,2</sup>, Katy DENIEUL<sup>1,2</sup>, Annie VINCENT<sup>1,2</sup>, Nathalie BONHOMME<sup>1,2</sup>, Joanna WYSZYNSKA-KOKO<sup>1,2</sup>, Lars KRISTENSEN<sup>3</sup>, Jette F. YOUNG<sup>4</sup>, Marie DAMON<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup> INRA, UMR 1348 PEGASE, 35590 Saint-Gilles, France  
<sup>2</sup> Agrocampus Ouest, UMR 1348 PEGASE, 35000 Rennes, France  
<sup>3</sup> Danish Meat Research Institute, Maglegårdsvej 2, 4000 Roskilde, Denmark  
<sup>4</sup> AarhusUniversity, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Food Science, 8830 Tjele, Denmark  
[Benedicte.Lebret@rennes.inra.fr](mailto:Benedicte.Lebret@rennes.inra.fr)

(c) Lotta RYDHMER<sup>1a</sup>, Kerstin LUNDSTRÖM<sup>1b</sup>, Emma FÀBREGA<sup>2</sup>, Kristina ANDERSSON<sup>1c</sup>  
<sup>1a</sup> Department of Animal Genetics, Box 7023  
<sup>1b</sup> Department of Food Science, Box 7051  
<sup>1c</sup> Department of Animal Nutrition and Management, Box 7024  
Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), 75007 Uppsala, Suède  
<sup>2</sup> Animal Welfare Subprogram, IRTA, Veïnat de Sies, 17121 Monells, Espagne  
[Lotta.Rydhmer@slu.se](mailto:Lotta.Rydhmer@slu.se)

(d) Jean-Yves DOURMAD<sup>1,2</sup>, Julie RYSCHAWY<sup>1,2</sup>, Tiphaine TROUSSON<sup>1,2</sup>, Michel BONNEAU<sup>1,2</sup>, Joel GONZALEZ<sup>3</sup>, Wim HOUWERS<sup>4</sup>, Marchen HVIID<sup>5</sup>, Christophe ZIMMER<sup>6</sup>, Thu Lan T NGUYEN<sup>7</sup>, Lisbeth MORGENSEN<sup>7</sup>  
<sup>1</sup> INRA, UMR1348 Pegase, 35590 Saint-Gilles, France  
<sup>2</sup> Agrocampus Ouest, UMR1348 Pegase, F-35000 Rennes, France  
<sup>3</sup> IRTA, Finca Camps i Armet, 17121 Monells, Girona, Espagne  
<sup>4</sup> Wageningen UR Livestock Research, PO Box 65, 8200 AB Lelystad, Pays-Bas  
<sup>5</sup> DMRI, Maglegaardsvej 2, DK-4000 Roskilde, Danemark  
<sup>6</sup> BESH, Haller Str. 20, 74549 Wolpertshausen, Allemagne  
<sup>7</sup> Aarhus University, Blichers Alle 20, 8830 Tjele, Danemark  
[Jean-Yves.Dourmad@rennes.inra.fr](mailto:Jean-Yves.Dourmad@rennes.inra.fr)

(e) Michel BONNEAU<sup>1,2</sup>, Estelle ILARI-ANTOINE<sup>3</sup>, Jean-Yves DOORMAD<sup>1,2</sup>, Karel DE GREEF<sup>4</sup>, Thorsten KLAUKE<sup>5</sup>, Ulas CINAR<sup>5</sup>, Wim HOUWERS<sup>4</sup>, Emma FÁBREGA<sup>6</sup>, Joel GONZÁLEZ<sup>6</sup>, Lotta RYDHMER<sup>7</sup>, Christoph ZIMMER<sup>8</sup>, Marchen HVIID<sup>9</sup>, Bram VAN DEN OEVER<sup>10</sup>, Sandra EDWARDS<sup>11</sup>

<sup>1</sup> INRA, UMR1348 PEGASE, 35590 Saint Gilles, France

<sup>2</sup> Agrocampus-Ouest, UMR 1348 PEGASE, 65 rue de Saint Briec, 35042 Rennes cedex, France

<sup>3</sup> IFIP, Pôle Economie, 34 Boulevard de la Gare, 31500 Toulouse, France

<sup>4</sup> Wageningen UR, Animal Sciences Group, 8200AB, Lelystad, Pays-Bas

<sup>5</sup> Universität Bonn, Institute of Animal Science (ITW), 53115 Bonn, Allemagne

<sup>6</sup> IRTA, Veinat de Sies, 17121 Monells (Girona), Espagne.

<sup>7</sup> Swedish Univ. of Agricultural Sciences (SLU), Depart. of Animal Breeding and Genetics, Box 7023, 750 07 Uppsala, Suède

<sup>8</sup> Bäuerliche Erzeugergemeinschaft Schwäbisch Hall, 74549 Schwäbisch Hall, Allemagne

<sup>9</sup> Danish Technological Institute, 4000 Roskilde, Danemark

<sup>10</sup> Nutreco R&D, Swine Research Centre, 3818KC Amersfoort, Pays Bas

<sup>11</sup> Newcastle University, School of Agriculture, Food and Rural Development, NE1 7RU Newcastle upon Tyne, Royaume Uni

[Michel.Bonneau@rennes.inra.fr](mailto:Michel.Bonneau@rennes.inra.fr)

(f) Frédéric PENNAMEN<sup>1</sup>, Nel WOGNUM<sup>2</sup>, Alexander ELLEBRECHT<sup>3</sup>, Brigitte PETERSEN<sup>4</sup>, Maren BRUNS<sup>5</sup>, Jana-Christina GAWRON<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Groupe Glon-Sanders, BP 61, Saint Gérard, 56302 Pontivy Cedex, France

<sup>2</sup> Wageningen University, Hollandseweg 1, 6706 KN Wageningen, Pays-Bas

<sup>3</sup> Chainfood, IJsselburcht 3, 6825 BS Arnhem, Pays-Bas

<sup>4</sup> University of Bonn, Meckenheimer Allee 174, 53115 Bonn, Allemagne

<sup>5</sup> Grenzüberschreitende Integrierte Qualitätssicherung e.V., University of Bonn, Katzenburgweg 7-9, 53115 Bonn, Allemagne

[Frederic.Pennamen@groupe-qlon.com](mailto:Frederic.Pennamen@groupe-qlon.com)

