



> Les systèmes d'alimentation chez le porc

Un élément clé pour des élevages plus durables

Edition 2021

Auteurs

Renaudeau, David
Dourmad, Jean-Yves
van Milgen, Jaap
Labussiere, Etienne
Noblet, Jean

HAL: hal-03286725

Etude réalisée pour le département PHASE d'INRAE, avec l'appui méthodologique de l'équipe ASIRPA

Résumé

Dès les années 80-90, les recherches des équipes de la Station de Recherches Porcines (SRP) de Saint-Gilles ont contribué à générer des connaissances scientifiques avec des implications pratiques déterminantes sur les concepts et les méthodes d'évaluation des ressources alimentaires et sur les besoins des animaux. **Le contexte de la production porcine était caractérisé par** : (1) un manque de compétitivité de la filière porcine française et la nécessité de maîtriser au mieux les coûts de production, (2) la montée des préoccupations environnementales, (3) une volonté affirmée de l'industrie de l'alimentation animale pour faire évoluer les systèmes d'alimentation existants afin d'améliorer la durabilité de la filière porcine française, et (4) une crédibilité scientifique et un savoir-faire reconnus des chercheurs et ingénieurs de la SRP.

Les travaux de recherche sur l'alimentation des porcs ont été conduits par l'INRA grâce au soutien financier de partenaires privés via des collaborations bilatérales avec des firmes services¹ (ou des producteurs et vendeurs d'additifs) ou des collaborations plus larges regroupant une grande partie des acteurs de l'alimentation animale.

Les principaux outputs de ces travaux de recherche ont été : (1) des concepts et méthodes de référence pour caractériser la valeur des ressources et les besoins des animaux, (2) des outils d'aide à la décision (OAD) pour faciliter la diffusion et l'appropriation des connaissances auprès des acteurs de la filière au niveau national et international.

Les résultats de ces travaux ont été utilisés et diffusés hors de la sphère académique grâce à des activités d'intermédiation (expertises, réunions techniques) réalisées d'abord par les chercheurs eux-mêmes. Les firmes services françaises (notamment celles associées au GERNA²) ont rapidement intégré et adapté les nouveaux concepts d'évaluation des aliments pour que leurs clients bénéficient des progrès réalisés, tant pour l'énergie (énergie digestible vers énergie nette (EN)), que pour l'azote, sur leur marge nette de production. Certaines entreprises privées (Ajinomoto Eurolysine) ont financé la diffusion des résultats (aide à la production d'outils d'aide à la décision) et ont également utilisé leur réseau commercial en France et dans le monde pour aider à leur mise en pratique. Enfin, la diffusion de la connaissance sur l'adéquation entre les besoins et les apports nutritionnels pour limiter les rejets a été en grande partie effectuée grâce aux recommandations successives du CORPEN³ dans lequel l'INRA a eu un rôle déterminant.

Au niveau de la filière porcine française et européenne, les systèmes d'alimentation chez le porc que l'INRA a conçus ont eu **des impacts sur les trois piliers de la durabilité**.

Au niveau économique et social, ils ont permis d'améliorer la rentabilité de différents maillons de la filière (firmes services, producteurs d'aliment, coopératives et groupements d'éleveurs, éleveurs) et de préserver les emplois directs et indirects liés à l'élevage porcin dans le contexte des années 80 où le nombre d'éleveurs était en forte baisse. Ces évolutions ont aussi permis à la France de devenir autosuffisante en viande de porc alors qu'elle était fortement importatrice au début des années 80.

Sur le plan environnemental, l'alimentation des animaux a été un levier d'action important qui a permis de réduire de façon très significative les pertes d'azote et de phosphore. Les travaux conduits et l'expertise des chercheurs ont eu un rôle moteur dans les réflexions qui ont mené à l'établissement, l'acceptation et l'évolution de normes environnementales plus strictes. En prenant en compte l'évolution de la production de porc, la réduction des rejets en azote et en phosphore peut-être évaluée à 11% et 46% à l'échelle nationale entre 1984 et 2010

¹ Entreprises qui fournissent le prémix, la formulation et divers services aux fabricants d'aliment pour bétail.

² Groupement pour l'Encouragement à la Recherche en Nutrition Animale.

³ Comité d'Orientation pour la Réduction de la Pollution des Eaux par les Nitrates et phosphates d'origine agricole

Contexte

Contexte socio-économique. Les travaux de l'Inra sur l'amélioration des systèmes d'alimentation chez le porc ont été initiés dans les années 80 dans un contexte économique général de stagnation de la croissance de la production porcine française et d'une forte concurrence étrangère (Belgique, Pays Bas) liée notamment à la mise en place des montants compensatoires monétaires par l'UE. Au début des années 80, la France ne produisait qu'environ 80% de la viande de porc qu'elle consommait. C'est à cette période qu'a été créée la station de recherche porcine de l'INRA à Saint-Gilles, assortie d'investissements particulièrement importants dans de nouveaux équipements expérimentaux.

Un manque de compétitivité de la filière porcine française

Au début des années 80, le manque de compétitivité de la filière porcine française était en partie expliqué par le prix élevé des aliments comparativement aux autres grands acteurs européens de la production porcine. Ce coût alimentaire élevé en France avait pour origine les cours élevés des principales matières premières utilisées en alimentation porcine (tourteau de soja et céréales) et un déficit structurel (peu d'infrastructures portuaires adaptées à l'importation de matières premières comme celles présentes sur le port de Rotterdam) pénalisant la compétitivité des industriels de l'alimentation animale. Fort de ce constat, des mesures ont été prises par la filière pour **réduire la part du coût alimentaire dans le coût de production de la viande de porc**. Sous l'impulsion des coopératives d'éleveurs, des investissements importants dans des outils de production de grande taille ont permis d'abaisser les coûts de fabrication d'aliments composés. Cette réduction du prix de l'aliment a aussi été rendue possible par la diversification des formules alimentaires via **l'utilisation massive de produits de substitution des céréales** (ex : manioc, patate douce) et le **recours à des matières premières riches en protéines produites en Europe** (conséquences de l'embargo américain du soja à l'exportation en 1973 et de la mise en place en 1975 d'un plan « Protéines » pour l'Europe de soutien à la production d'oléagineux et de protéagineux)⁴. Dans le même temps, la publication de directives européennes⁵ a rendu obligatoire, à partir du 1^{er} janvier 1989, l'utilisation de méthodes objectives pour classer les carcasses de porcs sur la base de leur teneur en muscle comme base de paiement des porcs à l'éleveur. La relation génétique favorable entre l'efficacité alimentaire et le taux de muscle des carcasses a été un argument déterminant pour que l'ensemble des acteurs de l'amont de la filière (organismes de sélection, fabricants d'aliment, éleveurs) œuvre à la production d'animaux maigres à croissance rapide. Pour la filière de l'alimentation animale, cette évolution a rendu nécessaire l'adaptation des plans d'alimentation et des formules d'aliments pour couvrir les besoins nutritionnels croissants des animaux.

Une préoccupation de la société aux problèmes environnementaux

La forte évolution de la production porcine dans les années 70-80 (agrandissement des élevages, généralisation des systèmes de production hors sol, concentration géographique de la production en Bretagne) a été un élément qui a favorisé l'apparition de problèmes environnementaux (principalement la gestion des excédents azotés en France) et, plus généralement, le début d'une remise en cause par la société du modèle dominant de production. En 1979, le rapport commandé au professeur Hénin (« Activités agricoles et qualité des eaux ») a fait la synthèse des connaissances disponibles sur ce qui apparaissait alors comme le principal impact environnemental de l'agriculture. Sa publication en 1980 établit la responsabilité des activités agricoles dans la pollution diffuse des eaux par les nitrates, les phosphates et les pesticides. Il est, aux dires des experts interrogés pour cette étude, considéré comme marquant symboliquement le début de la prise de conscience, en France, de la pollution des eaux par les nitrates provenant de l'élevage. Cette prise

⁴ Mouillet Y. (1975). Désintensification et autonomie en protéines 125-128. Dossier de l'environnement de l'INRA N°24.

<https://www7.inra.fr/dpenv/pdf/mouild24.pdf>

⁵ Le règlement (CEE) n°3320/84 du Conseil du 13 novembre 1984, qui détermine la grille communautaire de classement des carcasses de porc, et le règlement (CEE) n°2967/85 de la Commission du 24 octobre 1985, qui établit les modalités d'application de la grille communautaire de classement des carcasses de porc.

de conscience s'est traduite par la mise en place de réglementations visant à réduire l'impact environnemental des élevages de porcs⁶.

Contexte scientifique. Au niveau international, les années 70-80 ont été marquées par des améliorations significatives dans les systèmes d'unités d'alimentation chez le porc avec des améliorations conjointes dans les méthodes d'évaluation de la valeur des aliments et dans les méthodes de prévision des besoins des animaux.

Une évolution nécessaire des méthodes d'évaluation de la valeur des aliments

Dans les années 70-80, les différents acteurs de la filière de l'alimentation porcine en France et en Europe utilisent une grande diversité de systèmes d'évaluation des aliments.

Pour la fraction protéique, même s'il existe un consensus scientifique sur l'intérêt d'utiliser un système acides aminés (AA) digestibles pour évaluer les aliments chez le porc, ce concept n'est pas utilisé par les acteurs de la filière principalement en raison du manque de données pour la plupart des matières premières et à cause des difficultés méthodologiques. Les aliments étaient donc formulés à l'époque en fonction de leur teneur brute en acides aminés, et le plus souvent en tenant compte de seulement quelques acides aminés (lysine, méthionine, thréonine). Compte tenu de cette situation il y avait donc une demande pressante de la filière pour une harmonisation des méthodes de mesure et des systèmes d'expression de la digestibilité des acides aminés et pour la production de références sur tous les acides aminés indispensables, pour l'ensemble des matières premières utilisées en pratique. Le développement rapide de la production d'acides aminés «de synthèse» (lysine, méthionine...), renforçait aussi l'intérêt de ces travaux pour prendre en compte les bénéfices résultant de leur digestibilité très élevée.

Pour la fraction énergétique, le système généralement utilisé dans les années 80 est l'énergie digestible, même si quelques entreprises commencent à utiliser des systèmes Energie Nette (EN) « maison » généralement inspirés du système Néerlandais (tables CVB) lui-même adapté du système EN développé en Allemagne de l'Est (Rostock). Pour la filière, la question de l'évolution des systèmes d'évaluation de la valeur énergétique des aliments est une question prioritaire compte tenu des **décalages importants observés entre la formulation des aliments par les fabricants et les performances des animaux sur le terrain**, et du coût élevé de l'énergie dans l'aliment. Les travaux scientifiques pour construire un système EN, initiés notamment en Allemagne⁷ et au Danemark⁸, présentaient des biais liés au modèle animal, aux types de régimes utilisés pour leur mise au point et aux paramètres chimiques entrant dans les équations. Ces biais expliquent en grande partie la mauvaise prévision de la teneur en EN dans les matières premières ou les régimes et, par voie de conséquence, une mauvaise prédiction des performances en réponse aux apports énergétiques.

Compte tenu des imperfections des systèmes d'évaluation des aliments existants, une des premières étapes était de les faire évoluer en travaillant sur de nouveaux **critères d'appréciation de la valeur des matières premières en se focalisant d'abord sur l'énergie, composante la plus couteuse et la plus fréquemment limitante dans la ration**

Le raffinement des méthodes d'estimation des besoins des animaux : une étape indispensable pour mieux prédire les réponses aux apports alimentaires

Les années 70-80 ont également vu la publication des premiers modèles mathématiques^{9,10} pour prédire les performances de croissance, ce qui a changé radicalement la façon d'évaluer les besoins des animaux et leurs réponses aux apports alimentaires. Cela a permis de **passer d'une approche globale basée sur une**

⁶ Le règlement (CEE) n°337/85 du conseil du 27 juin 1985 qui prévoit la demande d'une autorisation comportant une étude d'impact environnemental avant la construction ou l'agrandissement d'une exploitation porcine. La directive n°11/87 précise les seuils en terme de nombre d'animaux au-delà desquels l'autorisation est exigée.

⁷ Schiemann, R., Nehring, K., Hoffmann, L., Jentsch, W., Chudy A., 1972. Energetische Futterbevertung und Energienormen. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, Germany.

⁸ Just, A. 1982. The net energy value of balanced diets for growing pigs. Livestock Production Science 8: 541-555.

⁹ Whittemore, C. T., and R. H. Fawcett. 1974. Model responses of the growing pig to the dietary intake of energy and protein. Animal Production 19: 221-231.

¹⁰ Moughan, P. J., and W. C. Smith. 1984. Prediction of dietary protein quality based on a model of the digestion and metabolism of nitrogen in the growing pig. New Zealand Journal of Agricultural Research 27: 501-50

évaluation zootechnique d'une ration formulée de manière empirique à une approche factorielle basée sur l'évaluation des différents besoins des animaux et des rendements de transformation digestifs et métaboliques. Cette nouvelle approche permettait notamment de mieux prendre en compte l'évolution rapide des besoins des animaux en réponse à la sélection génétique sur la production de viande maigre. Le début des années 80 voit également apparaître la proposition du concept de la protéine idéale¹¹ régissant l'équilibre optimal des acides aminés essentiels, laissant espérer d'importantes marges de progrès sur le rendement d'utilisation de l'azote par les porcs.

C'est dans ce contexte que les travaux sur l'amélioration des systèmes d'alimentation chez le porc ont été initiés à la Station de Recherches Porcines au début des années 80 avec l'ambition de renouveler les concepts et les méthodes qui étaient utilisés pour évaluer la valeur nutritive des matières premières et les besoins des animaux, dans le but de formuler à moindre coût un aliment répondant aux besoins des animaux. En contribuant à améliorer l'adéquation entre les apports alimentaires et les besoins nutritionnels, ces travaux avaient comme objectif de répondre aux préoccupations majeures de la filière qui étaient d'augmenter la marge sur coût alimentaire des élevages tout en diminuant leur impact sur l'environnement. Ces travaux ont tout d'abord été conduits sur l'énergie (système énergie nette) et les acides aminés (digestibilité iléale standardisée), puis un peu plus tard sur le phosphore (digestibilité apparente) pour aboutir en 2002 à la production de tables INRA de valeurs des aliments basées sur ces trois concepts.

¹¹ ARC. 1981. The Nutrient Requirements of Pigs. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, U.K.

Inputs et situation productive

Les projets sur l'évolution des systèmes d'alimentation chez le porc ont pu se développer grâce à des compétences et des moyens techniques conséquents positionnés à la Station de Recherches Porcines (SRP) de l'INRA.

Les inputs apportés par l'Institut

Moyens humains : Au début des années 80, les forces de recherche de la Station de Recherches Porcines étaient majoritairement positionnées sur des programmes traitants directement ou indirectement des problèmes en lien avec la nutrition porcine¹². En 1986, 2 des 3 axes du projet scientifique de la SRP avaient comme objectif d'améliorer les conditions d'alimentation des porcs¹³ sur des problématiques particulièrement en phase avec les préoccupations de la filière. Selon les experts interrogés pour cette étude, les chercheurs de la SRP jouissaient déjà d'une crédibilité scientifique et d'un savoir-faire reconnu au niveau national et international.

Moyens techniques : Le transfert depuis Jouy en Josas de la station de recherche porcine de l'INRA à Saint-Gilles en 1978, a été l'occasion d'investissements particulièrement importants dans de nouveaux équipements expérimentaux et de la constitution d'un élevage de grande taille pour l'époque (300 truies) et à très haut statut génétique et sanitaire. Les travaux sur les systèmes d'alimentation ont été mis en œuvre grâce à ces nouveaux moyens présents à la SRP permettant l'établissement de bilans nutritionnels sur des animaux de tous formats. L'ensemble de ces équipements et des compétences associées a permis d'initier des travaux originaux sur les deux principaux piliers d'un système d'alimentation : la détermination des besoins énergétiques et protéiques à l'aide de l'approche factorielle et la prédiction de la valeur énergie nette et AA digestibles des aliments. Ces moyens incluaient notamment des **chambres respiratoires** construites en 1980 pour accueillir des truies, des porcs en croissance ou des groupes de porcelets. Fonctionnant sur le principe de la calorimétrie indirecte, la mesure en continu des échanges gazeux dans les chambres respiratoires représentait une alternative intéressante à la méthode lourde et coûteuse dite des abattages comparés. Les chambres respiratoires ont rendu les mesures des bilans énergétiques plus rapides, plus fines, moins coûteuses et ont permis aux chercheurs d'accéder à des nouvelles informations liées notamment aux différentes composantes de la production de chaleur obtenues dans différentes conditions physiologiques, nutritionnelles ou climatiques. Outre ces moyens expérimentaux originaux, la SRP s'est dotée en 1986 assez rapidement d'un **atelier de fabrication d'aliment expérimentaux** totalement adapté aux besoins des recherches sur l'alimentation.

Les inputs emblématiques des partenaires privés associés aux recherches

Moyens financiers : Les travaux sur les systèmes d'alimentation chez le porc ont reçu un **fort soutien sous forme de fonds d'origine privée**. A cette époque, les travaux sur les systèmes d'alimentation étaient déjà considérés comme trop appliqués pour être éligibles à des financements institutionnels ciblés (type AIP ou ATP). Cependant, la contribution de l'INRA s'est matérialisée par le financement significatif d'une partie des moyens humains, techniques et analytiques nécessaires à la mise en place des travaux. Il faut aussi noter que certains travaux en lien avec la problématique des rejets azotés ont également été financés grâce au soutien

¹² Sur les 17 équivalents chercheurs de la station, 9 (H. Henry^a, J. Noblet^a, B. Sève^a, A. Aumaitre^b, D. Bourdon^b, C. Février^b, J.M. Perez^b, J.Y. Dourmad^c et M. Etienne^c) développaient des programmes de recherche sur la nutrition du porc ou de la truie. Ces chercheurs étaient répartis dans 3 équipes de recherche : « Métabolismes et besoins nutritionnels », « Qualité et valorisation des ressources alimentaires », « Conduite de la reproduction de la truie » ; source : Compte-rendu d'activité 1985-1986 de la Station de Recherches Porcines.

¹³ Axe1 : Explorer de nouvelles voies d'amélioration de la productivité du cheptel porcin (productivité numérique des truies, efficacité de transformation des aliments en viande maigre) afin d'assurer une meilleure compétitivité de la filière porcine française à l'intérieur de la communauté européenne ; Axe 2 : Réduire et maîtriser les coûts de production (approvisionnement en ressources alimentaires) afin de combattre la chute inquiétante du taux d'auto-provisionnement en viande de porc au niveau national et pour répondre aux impératifs de la collectivité (réduction des importations de protéines, etc..). Extraits du compte rendu d'activité 1985-1986 de la Station de Recherches Porcines du centre de Rennes, document interne, 47 p.

du ministère de l'agriculture (à partir de 1990) puis d'un programme Européen¹⁴ (1992-1995) coordonné par l'INRA et consacré à la réduction des rejets d'azote par l'alimentation en production porcine.

Parmi les financeurs privés des travaux menés à l'INRA, le GERNA¹⁵ a eu une place toute particulière. Dans les années 80, le **GERNA** regroupait la quasi-totalité des grands fabricants d'aliment et des firmes services en France et représentait 55% de la production totale d'aliment pour le bétail (80% de l'aliment porc). A partir de 1990, le GERNA a été en charge de la gestion des fonds provenant des intérêts d'une taxe « SYPRAM » qui avait fait l'objet d'un paiement « différé » à l'Etat par les adhérents de l'AMEB¹⁶, du SNIA¹⁷ et du SYNCOPAC¹⁸. L'objectif à l'origine de la constitution de ces fonds était « de faciliter toute action d'intérêt collectif au profit des entreprises du secteur de l'alimentation animale ». De par les travaux entrepris dès le début des années 80 par la SRP sur l'alimentation du porc, l'INRA bénéficiait d'une forte crédibilité auprès des autres acteurs de la filière. A l'époque, compte tenu de la complexité et la rapidité de l'évolution des nouveaux concepts liés à l'évaluation des aliments et des besoins des animaux et la spécificité des moyens à mettre en œuvre pour les étudier, les autres organismes (ITP¹⁹, Chambres d'Agriculture) en charge de l'appui à la filière porcine n'ont pas été considérés comme des acteurs éligibles pour mener ce type de programmes. La collaboration entre le GERNA et l'INRA a duré plus de 10 ans. Outre le financement de travaux de recherche, le GERNA a ouvert **les stations expérimentales** de ses membres à l'INRA pour, par exemple, valider le système EN et a contribué au financement de bourses de thèses coordonnées par les chercheurs de la SRP.

Individuellement, des entreprises privées²⁰ et des instituts techniques²¹ ont également contribué de manière significative au financement des travaux menés à la SRP. Il faut notamment citer le rôle important de la **société Eurolysine-ORSAN**²² qui dès 1983 a financé un bon nombre de travaux destinés à préciser les besoins en lysine de la truie reproductrice et du porc charcutier, à évaluer les conséquences de la réduction de la teneur en protéines des régimes sur l'utilisation de l'énergie et à assurer la promotion et la diffusion du système EN de l'INRA (voir plus loin dans la partie « intermédiaires »). Avec la mise en place de son unité de production de lysine à Amiens en 1976, Eurolysine était dans une stratégie claire de promouvoir l'utilisation de cet acide aminé de synthèse en alimentation animale. En effet, la modification de la hiérarchie de la valeur énergétique des matières premières induite par l'utilisation du système EN favorisait l'utilisation de ressources riches en amidon (céréales) au détriment des ressources riches en protéines (tourteau de soja). D'après les rapports d'activités de la SRP, Eurolysine seule ou en partenariat avec d'autres compagnies ont financé près d'une quinzaine de contrats de recherche entre 1986 et 1999. Depuis, Ajinomoto-Eurolysine continue à être un partenaire privilégié pour l'unité.

¹⁴ Projet FP2 CAMAR, Reduction of nitrogen output in pig effluent through a better control of dietary protein supply (technical and economical aspects).

¹⁵ Groupement pour l'Encouragement à la Recherche en Nutrition Animale. (Président: J.C. Dromigny, UFAC)

¹⁶ Association pour le maintien de l'élevage en Bretagne

¹⁷ Syndicat national des industriels de la nutrition animale

¹⁸ Fédération nationale des coopératives de production et d'alimentation animales

¹⁹ Institut Technique du Porc (devenu IFIP)

²⁰ Ralston Purina puis Agribrands (group Union InVivo), AGPM (Association Générale des Producteurs de Maïs), UCAAB (Union des Coopératives Agricoles d'Aliment du Bétail, devenue ADM (Archer-Daniels-Midlands) en 2019), Degussa Hüls (devenu EVONIK en 2007), UNCAA (Union Nationale des Coopératives Agricoles d'Approvisionnement devenue ADM en 2019), SANDERS (Groupe AVRIL), LIMAGRAIN, UNICOPA (Union des Coopératives Agricoles), ROQUETTE, Rhone Poulenc Animal Nutrition (devenu ADISSEO en 2007)

²¹ ITP, ITCF (Institut Technique des Céréales et des Fourrages devenu ARVALIS institut du végétal en 2002), CETIOM (entre technique interprofessionnel des oléagineux métropolitains devenu TERRES INOVIA en 2015), UNIP (Union nationale interprofessionnelle des plantes riches en protéines, devenue TERRES INOVIA en 2015).

²² Devenu Ajinomoto Animal Nutrition Europe.

Outputs des recherches

Production de connaissances ayant donné lieu à des articles scientifiques qui ont eu et continuent à bénéficier d'une très large audience auprès de la communauté scientifique : Les travaux réalisés par les chercheurs de l'INRA de St-Gilles sur le porc en croissance et la truie reproductrice ont permis de **quantifier finement les besoins énergétiques des animaux selon leurs caractéristiques** (stades physiologiques, âge, sexe, potentiel génétique) et de préciser les rendements d'utilisation de l'énergie selon la nature des dépôts corporels^{23,24}. Les travaux sur les besoins protéiques du porc ont rendu opérationnel le concept théorique de protéine idéale en précisant les équilibres entre les acides aminés les plus importants pour la régulation de l'appétit et pour maximiser l'efficacité du dépôt protéique dans les tissus. Les concepts et données issues de ces différents travaux ont été utilisés pour la **production d'équations** qui ont constitué la base de nombreux modèles de prédiction des besoins nutritionnels des animaux aussi bien en France (InraPorc, voir ci-après) qu'à l'étranger avec en particulier les recommandations du NRC²⁵ (2012) aux USA.

Les chercheurs de l'INRA ont contribué très significativement à **faire évoluer les systèmes d'évaluation de la valeur nutritionnelle des aliments chez le porc**. Ces travaux ont été en grande partie basés sur le développement de méthodes originales pour notamment dissocier les différentes composantes de la production de chaleur chez le porc ou pour mesurer en routine l'absorption digestive des acides aminés d'origine alimentaire. Ces méthodes font maintenant référence au sein de la communauté scientifique internationale. La **mise en place et la validation du système EN** pour objectiver le plus précisément la valeur énergétique des aliments a permis d'affirmer le leadership des chercheurs INRA sur une thématique extrêmement stratégique pour la production porcine. Ces travaux^{26,27} ont notamment permis de proposer des équations simples pour prédire la teneur en EN de l'aliment pour le porc en croissance à partir de l'énergie métabolisable (EM) ou de l'ED dans toutes les situations rencontrées en production et pour prédire la valeur EN des aliments destinés aux truies à partir de résultats obtenus chez le porc en croissance. L'évolution des connaissances sur les besoins en acides aminés digestibles a permis de proposer des stratégies pour **réduire l'utilisation de protéines dans l'aliment** à des fins économiques mais également environnementales pour réduire les rejets azotés²⁸.

Production d'outils pour faciliter la diffusion et l'appropriation des connaissances auprès des acteurs de la filière : Les résultats des travaux coordonnés par l'INRA de St Gilles sur le système EN ont permis d'établir des **équations de prédiction** de la teneur en EN pour les matières premières utilisées en formulation. De manière similaire et en regroupant les données INRA avec celles de **Rhône Poulenc Animal nutrition et l'ITCF**, des coefficients de digestibilité idéale et des équations ont été établis pour les principaux aliments du porc²⁹. L'ensemble de ces équations a été à la base de la construction des tables de référence sur la valeur des matières premières destinées aux porcs. Ces tables ont été établies grâce à une collaboration fructueuse entre l'INRA et l'AFZ³⁰ et l'utilisation de la **banque de données de l'alimentation animale** gérée depuis 1989 par l'AFZ avec le soutien d'une vingtaine de partenaires de la filière. Les concepts sur les systèmes d'évaluation de la valeur nutritionnelle des aliments (EN, digestibilité standardisée des acides aminés et

²³ Noblet, J., J. Y. Dourmad, and M. Etienne. 1990. Energy utilization in pregnant and lactating sows: modeling of energy requirements. *Journal of Animal Science* 68: 562-572. (cité 170 fois selon le Web of Science/septembre 2020).

²⁴ Noblet, J., C. Karege, S. Dubois, and J. van Milgen. 1999. Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in growing pigs: effects of sex and genotype. *Journal of Animal Science* 77: 1208-1216 (cité 148 fois selon le Web of Science/septembre 2020)

²⁵ Nutrient Requirements of Swine: Eleventh Revised Edition. Dans cette dernière version du NCR, les travaux de J. Noblet, B. Sève, J.Y. Dourmad, J. van Milgen, M. Etienne et C. Jondreville sont cités respectivement 106, 90, 81, 43, 24 et 21 fois.

²⁶ Noblet, J., H. Fortune, X. S. Shi, and S. Dubois. 1994. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *Journal of Animal Science* 72: 344-354. (cité 360 fois selon le Web of Science/septembre 2020).

²⁷ Le Goff, G., and J. Noblet. 2001. Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. *Journal of Animal Science* 79: 2418-2427. (cité 184 fois selon le Web of Science/septembre 2020).

²⁸ Dourmad, J. Y., D. Guillou, and J. Noblet. 1992. Development of a calculation model for predicting the amount of N excreted by the pig: effect of feeding, physiological stage and performance. *Livestock Production Science* 31: 95-107. (cité 70 fois selon le Web of Science/septembre 2020).

²⁹ Les données de 62 matières premières ont été regroupées d'abord dans la base AmiPig produite en 2000 par l'AFZ, Ajinomoto Eurolysine, Aventis Animal Nutrition (devenu ADISSEO), l'INRA et l'ITCF (devenu ARVALIS institut du végétal).

³⁰ Association Française de Zootechnie.

digestibilité du phosphore) ont été repris pour créer EvaPig® en 2008³¹. Les données issues des travaux sur la quantification des besoins énergétiques et azotés du porc en croissance et de la truie reproductrice combinées avec les informations disponibles dans la littérature ont permis le développement du modèle d'aide à la décision appelé InraPorc®. Bien que les concepts nutritionnels utilisés dans le modèle aient été rendus publics³² (et intégrés dans bien d'autres modèles utilisés actuellement dans de nombreux pays !), **le logiciel utilisé pour faire fonctionner le modèle InraPorc** est la propriété de l'INRA³³. Pour sa construction et sa diffusion, cet outil d'aide à la décision a bénéficié de la participation des différents acteurs de la filière et d'un soutien financier important de la société **Ajinomoto Eurolysine**. Cet outil permet de simuler des stratégies d'alimentation à moindre coût pour l'éleveur et pour l'environnement.

Sous l'impulsion de l'Inra, mise en place du programme pluridisciplinaire et multi partenarial nommé « **Porcherie verte**³⁴ » pour notamment utiliser les connaissances sur la valeur des aliments et les besoins des animaux afin de proposer des stratégies préventives et correctives pour réduire les nuisances et pollutions liées aux déjections des porcs.

³¹ [EvaPig®](#) est un logiciel libre qui permet la prédiction des valeurs énergétiques, protéiques et du phosphore des matières premières et des aliments pour le porc. Il est basé sur les données de l'INRA et de l'AFZ et soutenu financièrement par la société Ajinomoto Eurolysine.

³² Dourmad, J.-Y., M. Étienne, A. Valancogne, S. Dubois, J. van Milgen, and J. Noblet. 2008. InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of sows. *Animal Feed Science and Technology* 143: 372-386. (cité 53 fois selon le Web of Science/septembre 2020)

van Milgen, J., A. Valancogne, S. Dubois, J.-Y. Dourmad, B. Sève, and J. Noblet. 2008. InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 143: 387-405. (cité 107 fois selon le Web of Science/septembre 2020)

³³ [INRAporc®](#) est un logiciel qui est disponible dans une version complète et payante et des versions « éducation » et « évaluation » gratuites. Il permet de simuler l'impact de stratégies alimentaires sur les performances des porcs charcutiers et des truies reproductrices.

³⁴ Programme lancé en 2001 pour une durée de 6 ans. Le consortium regroupait 16 partenaires (les ministères de l'agriculture et de l'Environnement, l'ADEME et l'OFIVAL, la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne, la FNP, la FNCBV, l'UNCAA, l'AGPM, Eaux et Rivières de Bretagne, le CEMAGREF, l'ENSAR, l'INRA, l'ITCF et l'ITP) structuré au sein d'un GIS piloté par la direction scientifique Environnement, Forêt et Agriculture à l'INRA.

Circulation des connaissances et intermédiaires

Rôles clés des chercheurs INRA dans la circulation de la connaissance : au-delà de la production d'articles à destination de la communauté scientifique, un important effort a été fait par les chercheurs eux-mêmes pour vulgariser et expliquer les nouveaux concepts d'évaluation de la valeur nutritionnelle des aliments, des besoins des animaux et des conséquences de l'utilisation de ces concepts sur la formulation des aliments, l'évolution des stratégies d'alimentation et l'utilisation de l'alimentation comme levier pour réduire les rejets³⁵. Cela s'est traduit par la production de plus d'une dizaine **d'articles de synthèse** et par de nombreuses interventions dans des congrès nationaux ou internationaux et des **journées techniques**³⁶. En lien avec leur manque d'expertise sur les sujets touchant à l'évaluation des aliments et des besoins des animaux, le rôle de l'IFIP (au moins avant les années 2000) et des chambres d'agriculture dans la circulation de l'information vers la filière a été mineur. Après 2008, l'IFIP et Agrocampus Ouest ont contribué avec l'INRA à la diffusion de l'outil InraPorc en assurant des **sessions de formation sur le logiciel**.

Rôle de la formation par la recherche dans la circulation de la connaissance : des étudiants (n=16) ont été accueillis à l'INRA de St Gilles pour participer directement ou indirectement aux travaux sur la mise en place ou la validation des concepts d'évaluation des ressources ou des besoins des animaux ; ils ont ensuite contribué à l'adoption de ces innovations par la filière³⁷. Par ailleurs une version « enseignement » d'InraPorc est disponible gratuitement et largement utilisée en France et aussi à l'étranger pour l'enseignement des principes de la nutrition porcine (Depuis 2005, 324 licences complètes ont été commercialisées dans 28 pays différents. Environ 2500 versions libres ont été téléchargées.).

Rôles des membres du GERNA et des firmes service dans la circulation de la connaissance : dans le secteur de la nutrition animale en France, les firmes services ont un rôle prépondérant. Elles sont une originalité française en produisant des prémix et fournissant des services³⁸ (activité R&D, conseils, formulation...) à leurs adhérents. Dans un univers très concurrentiel, leur capacité à innover est critique dans leurs stratégies de différenciation. Dès le début des années 90, les firmes services ont très rapidement **intégré et adapté** les nouveaux concepts d'évaluation des aliments (notamment le système EN) pour que leurs adhérents bénéficient des conséquences du changement de système énergétique (ED vers EN) sur leur marge nette de production. Cette appropriation de la connaissance a été favorisée par le fait que plusieurs membres du GERNA étaient à la fois firme service et fabricant, voire préférentiellement firme service (comme UCAAB, Sanders, Primex) et par le fait que des firmes services avaient dans leur rang d'anciens étudiants ayant effectué leur stage de fin d'étude ou leur thèse à l'INRA de St-Gilles. Selon les experts interrogés pour cette étude, la stagnation du marché des aliments pour le bétail en France et la forte concurrence française ont accéléré le développement des firmes service à l'international et ce qui a permis de diffuser hors de nos frontières les concepts développés par l'INRA.

Rôles des autres acteurs privés dans la circulation de la connaissance : parmi les nombreux partenaires privés qui ont individuellement soutenu et contribué à la diffusion des résultats de l'INRA, il faut noter le rôle prépondérant de la société Ajinomoto Eurolysine qui, en plus d'avoir contribué au développement des connaissances, a utilisé **son réseau commercial en France et dans le monde** pour les diffuser et aider à leur application (soutenu financièrement EvalPig a été depuis 2009 téléchargée près de 20 000 fois par des utilisateurs provenant de 188 pays différents).

³⁶ Noblet, J., X. S. Shi, H. Fortune, S. Dubois, Y. Lechevestrier, C. Corniaux, D. Sauvant, and Y. Henry. 1994. Teneur en énergie nette des aliments chez le porc. Mesure, prédiction et validation aux différents stades de sa vie. *Journées de la Recherche Porcine en France* 26: 235-250.

³⁷ Entre 1985 et 2000, parmi les 16 étudiants français ou étrangers ayant réalisés leur thèse sur le site de St Gilles sur des thématiques proches des systèmes d'alimentation chez le porc, 10 occupent actuellement des fonctions dans lesquelles ils sont amenés à mettre en pratique les concepts ou utiliser les outils d'aide à la décision produits par l'INRA. (Sources : Rapports d'activités de l'unité produits entre 1985 et 2000)

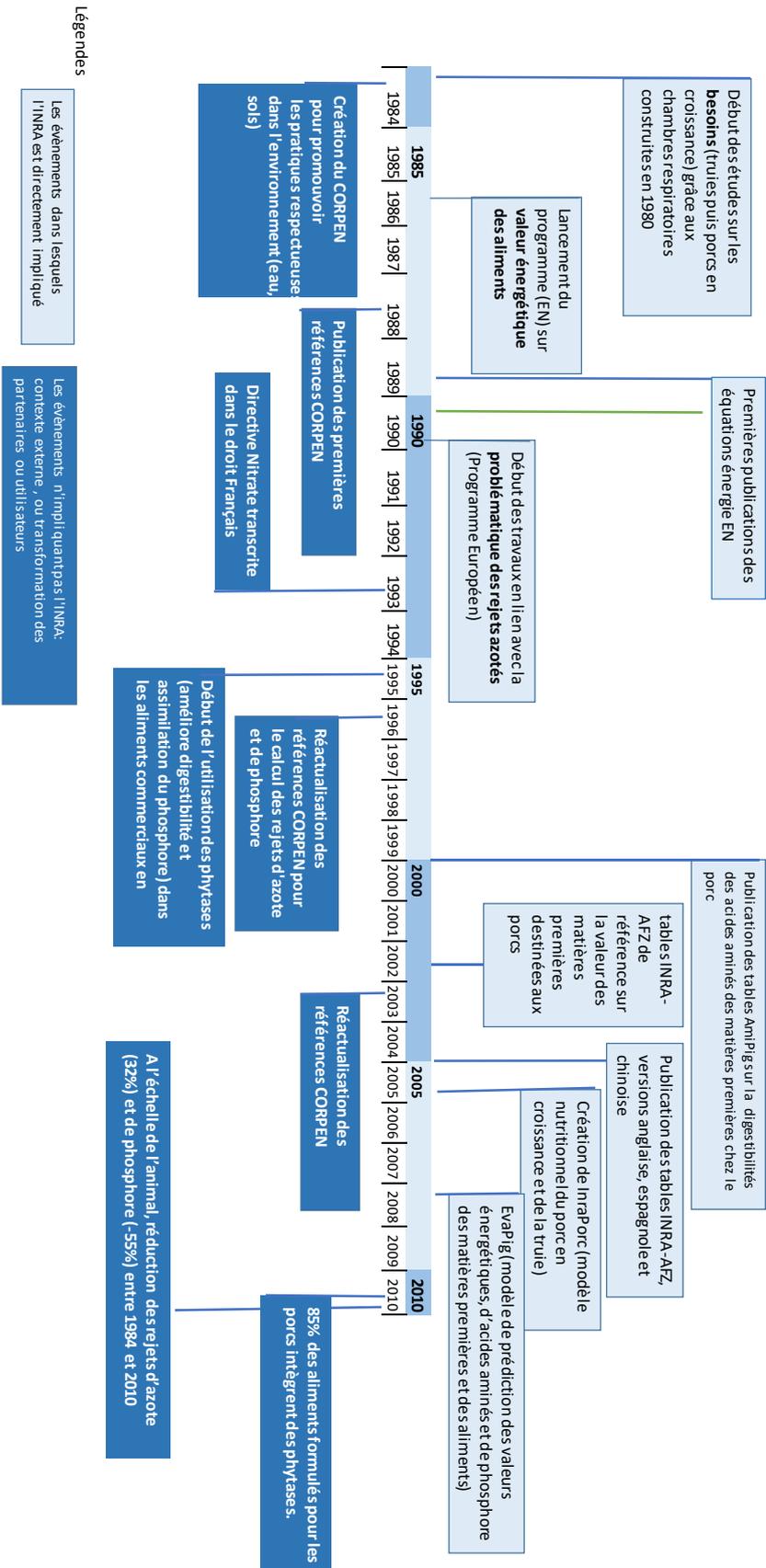
³⁸ L'expertise des firmes services repose généralement sur 3 axes, la connaissance des besoins des animaux, de la valeur nutritionnelle des matières premières et de la valeur fonctionnelle des micronutriments et autres additifs (enzymes, pré-, probiotiques, etc.).

Rôles du CORPEN³⁹ dans la circulation de la connaissance : le CORPEN a été créé en juin 1984 avec pour mandat de « promouvoir des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement (aquifères, milieux aquatiques, air et sols). Il vise à identifier et à analyser les pratiques à risques mises en œuvre par les différents systèmes de production animale et végétale, puis à formuler et à diffuser les recommandations appropriées pour en réduire l'incidence environnementale, en tenant compte de leur impact sur l'économie de l'exploitation. Les travaux de l'INRA (permettant une meilleure adéquation entre les apports nutritionnels et les besoins des animaux) ont été utilisés pour établir les références CORPEN successives (1988, 1996, 2003) pour le calcul des rejets d'azote et de phosphore des élevages de porcs et ont été moteurs pour proposer des nouvelles stratégies alimentaires (réduction de la teneur en protéines, augmentation du nombre de phases alimentaires, formulation sur la base du phosphore digestible) pour rendre réaliste l'application de ces normes dans les élevages. De l'avis de Ph. Jeannot (chargé de mission à la direction de l'eau et de la biodiversité au ministère de l'environnement), l'expertise reconnue et une neutralité par rapport aux positions partisans des différentes parties prenantes du groupe CORPEN, a fait que ***l'INRA a eu un rôle moteur dans les réflexions qui ont mené à l'établissement, l'acceptation et l'évolution des normes.***

³⁹ Comité d'Orientation pour la Réduction de la Pollution des Eaux par les Nitrates et phosphates d'origine agricole (puis Comité d'orientation pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement). La création de ce comité fait suite au rapport Rapport "Henin" (1980) qui portait un regard critique envers les politiques de lutte contre les pollutions des eaux par le nitrate d'origine agricole. L'INRA faisait partie des membres du groupe CORPEN alimentation animale en animant le groupe « porc » (J-Y Dourmad). Ce groupe était constitué de représentants des agences de l'eau, de la filière (producteurs d'aliments, additifs), des instituts techniques, des chambres d'agriculture, et des ministères de l'environnement et de l'agriculture.

Chronologie

Date	Evénement	Signification pour le cas
1984	Début des études sur les besoins (truies puis porcs en croissance) grâce aux chambres respiratoires construites en 1981	Nouvelle orientation des recherches
1984	Création du CORPEN (Comité d'ORientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'ENvironnement)	Prise de conscience problématique environnemental
1986	Lancement du programme de recherche « Energie Nette » sur la valeur énergétique des aliments	-Nouvelle orientation des recherches :
1988	Publication des premières références CORPEN	Int Impacts 1 (politique)
1989	Premières publications des équations EN	
1990	Début des travaux en lien avec la problématique des rejets azotés (AIP INRA, Programme Européen)	Nouvelle orientation des recherches
1990	Nouvelle orientation des recherches sur la digestibilité iléale des acides aminés (coll Ralston Purina, ITCF ; Ajinomoto Eurolysine et Rhone Poulenc Nutrition Animale)	Début du cas ; nouvelle orientation des recherches
1993	Directive Nitrate transcrite dans le droit Français	
1995	Date du début de l'utilisation en routine des phytases dans les aliments commerciaux en France	Impacts 1 (économique)
1996	Réactualisation des références CORPEN	Intermédiaire (préconisation alimentation biphase+ BRS) + Impacts 1 (politique)
2000	Publication des tables AmiPig « Digestibilités iléales standardisées des acides aminés des matières premières chez le porc »	Output
2001-2007	Programme « Porcherie verte »	Output
2002	Publication des tables INRA-AFZ	Output
2003	Réactualisation des références CORPEN	Impacts 1 (politique)
2004 2005	Publication des Tables INRA-AFZ (versions anglaise et espagnole), puis chinoise	Impacts 2
2005	Création de InraPorc (modèle nutritionnel du porc en croissance et de la truie)	Output
2008	EvaPig (modèle de prédiction des valeurs énergétiques, d'acides aminés et de phosphore des matières premières et des aliments)	Output

Amélioration des systèmes d'alimentation des porcs : ajustement des apports alimentaires aux besoins des animaux et limitation des rejets d'azote et de phosphore


Impacts 1

Economique

Fabricants d'aliment : A la fin des années 80, La France produit un peu plus de 5 millions de tonnes d'aliment pour les porcs. A cette époque, le changement de système énergétique (ED vers EN) pour évaluer les matières premières s'est traduit par une réduction moyenne de 1-2% matières premières s'est traduit par une réduction moyenne de 1-2% du coût matière ce qui, aux dires des experts interrogés, correspondait (à l'époque) à l'équivalent d'une bonne partie de la marge nette moyenne de l'industrie de l'alimentation animale⁴⁰. La réduction du coût matière a varié selon le type d'aliment. Le gain a été particulièrement important pour les aliments destinés aux truies reproductrices, notamment par la possibilité offerte par le système EN d'introduire à des taux plus importants un certain nombre de co-produits riches en fibres ce qui a permis de réduire le coût des formules alimentaires. L'utilisation combinée du système acides aminés en combinaison avec l'EN a facilité cette évolution en favorisant la réduction de la teneur en protéine des aliment et l'accroissement de l'utilisation d'AA de synthèse. Plus généralement, l'évolution des systèmes d'évaluation des aliments a facilité l'utilisation d'une large palette de matières premières dans les formules et permis de « tamponner » les impacts des fluctuations des cours de certaines ressources sur le prix final des aliments. La réduction globale des coûts matières combinée à une augmentation significative des volumes d'aliments produits (Figure 1) a permis (au moins jusqu'au début des années 2000) une économie d'échelle qui a bénéficié principalement aux producteurs d'aliments.

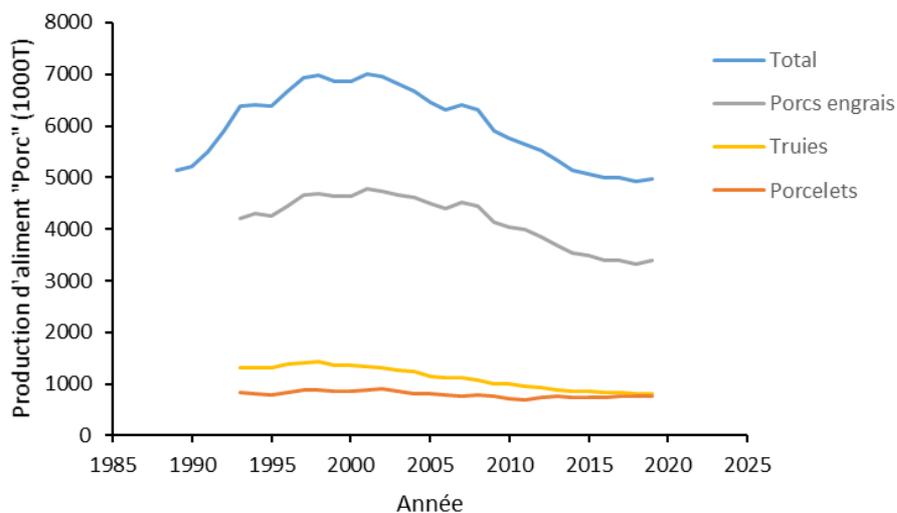


Figure 1 : Evolution de la production d'aliments porcins en France selon le stade physiologique (Source : CEFAC).

⁴⁰ Sur la base de la production d'aliment porc nationale en 1990 (5 214 000 T ; source CEFAC), le prix moyen d'achat d'une tonne d'aliment en système naisseur-engraisseur (189 €/T ; source IFIP) et un coût matière qui représenterait 95% du cout total d'un aliment (valeur estimée à dire d'expert), le gain au changement de système énergétique peut être grossièrement estimé à environ 19 millions d'euros.

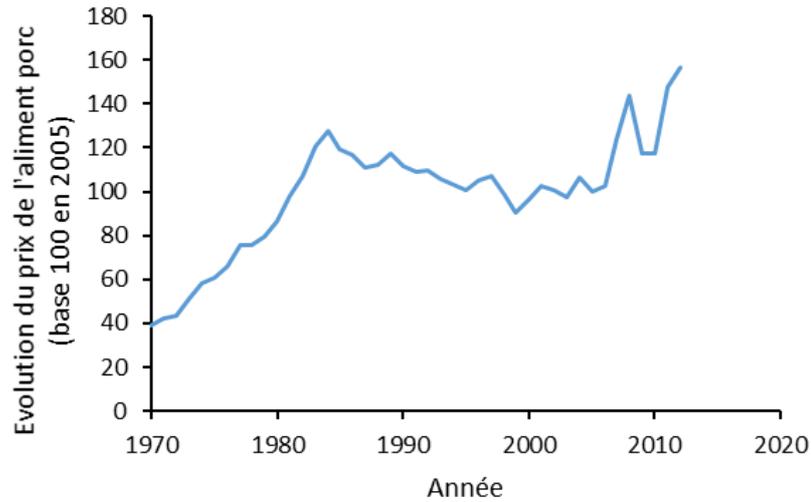


Figure 2 : Evolution du prix courant moyen des aliments porcins (payés par les éleveurs) entre 1970 et 2012 (source : Agreste-IPAMPA).

La réduction du coût matière a été un élément qui a contribué à réduire le prix moyen des aliments porcins payés par les éleveurs, notamment à partir de 1986 (Figure 2). Entre le début des années 1990 et le milieu des années 2000, le ratio « prix du porc à la production/prix de l'aliment » est resté relativement constant⁴¹. Si ce contexte a assuré une certaine visibilité économique aux éleveurs, aux dires des experts interviewés dans notre étude, la baisse du prix de l'aliment porc n'a globalement pas ou peu permis d'améliorer la marge sur coût alimentaire des éleveurs. Elle a toutefois contribué à améliorer leur compétitivité et ainsi maintenir et/ou développer leurs parts de marché dans l'UE.

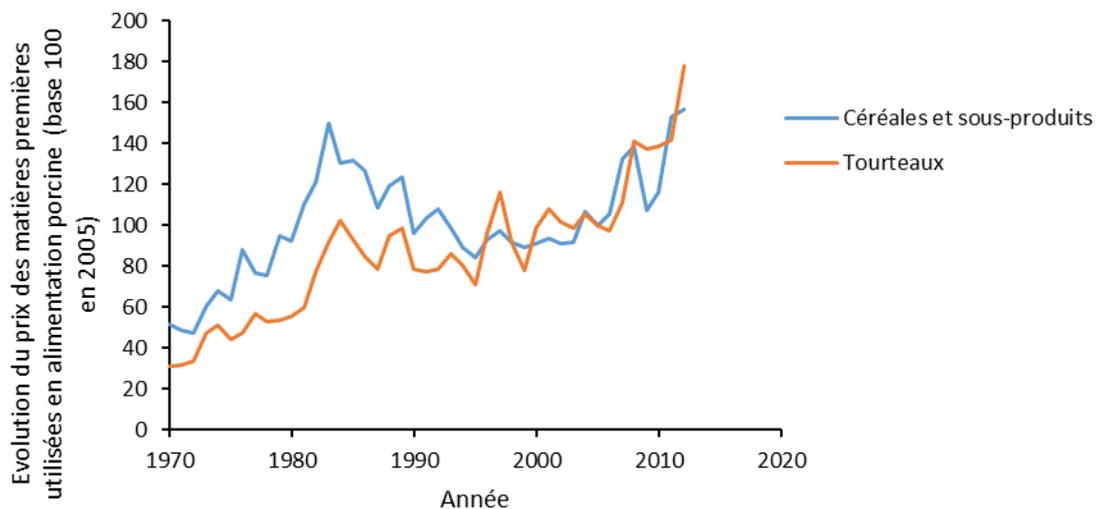


Figure 3 : Evolution du prix courant des céréales (+sous-produits) et des tourteaux entre 1970 et 2012 (source : Agreste-IPAMPA).

La Figure 3 montre les évolutions du prix moyen des céréales (+co-produits) et celui des tourteaux. Cette figure indique que la réduction du coût moyen des aliments utilisés chez le porc après 1986 et jusqu'au milieu

⁴¹ FranceAgriMer, 2011. La filière porcine européenne face à la volatilité du prix du porc et des matières premières. Coll. Les synthèses de FranceAgriMer, N°7, 7 p

des années 2000 (Figure 2) était généralement liée à la diminution du coût des céréales plutôt qu'à celui des tourteaux. La réduction des cours des céréales est en grande partie liée à la réorientation de la PAC en 1984. **Ces évolutions illustrent aussi indirectement une substitution partielle des matières premières riches en protéines par des céréales (blé, orge, maïs) et une grande variété de sous-produits.** Cet effet peut être en grande partie attribué à l'utilisation des nouveaux systèmes d'évaluation des aliments.

Firmes fabricant et commercialisant les additifs alimentaires : Depuis le début des années 80, le marché des additifs alimentaires (vitamines, acides aminés, enzymes...) a connu une forte évolution, tant du point de vue des volumes que dans la diversité des produits commercialisés.

Comme indiqué précédemment dans le rapport, le changement de hiérarchie de matières premières lié à l'utilisation du système EN et la nécessité de limiter les apports azotés pour réduire les rejets ont **favorisé l'utilisation des acides aminés de synthèse** (d'abord la lysine, puis la méthionine, la thréonine et le tryptophane). Cette très forte croissance de la demande en acides aminés (entre 5 et 10% par an) s'est traduite par l'augmentation des capacités de production industrielle de ces produits. A cette époque, la fixation du prix de ces produits était généralement fonction d'un prix d'intérêt indexé sur celui du tourteau de soja (et des céréales) et non sur les coûts de production. Dans les années 80, le marché de la lysine en France et en Europe était presque totalement contrôlé par la société Ajinomoto Eurolysine. Pour illustration, la Figure 4 montre la **croissance de la production de L-Lysine HCl entre 1980 et 2000 dans l'unique usine Française du groupe Ajinomoto.**

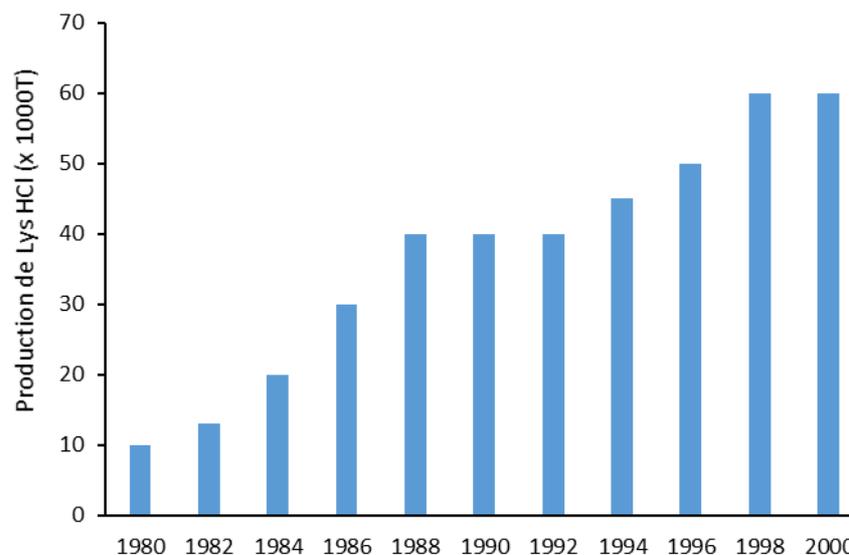


Figure 3 : Evolution de la production de Lysine HCl par Ajinomoto-Eurolysine (usine d'Amiens) entre 1980 et 2000⁴²

La nécessité de **réduire les apports en phosphore** minéral, tout en valorisant au mieux les apports de phosphore d'origine végétale, **pour réduire les rejets dans les zones à forte concentration d'élevage de porcs** ont créé les conditions favorables pour le développement du marché des phytases d'origines fongique puis microbienne. En Europe, la commercialisation des phytases a débuté à la fin des années 80 pour aider les éleveurs néerlandais à respecter leur réglementation sur les normes phosphore. Mais c'est surtout à partir de 1991 que la production industrielle de phytase par DSM (puis par BASF) a permis de démocratiser progressivement l'utilisation des phytases en alimentation porcine. En France, ce sont les normes Corpen de 1996 qui ont favorisé l'utilisation de phytase en fixant des teneurs maximales en P total pour les aliments destinés aux porcs. **Actuellement, environ 85% des aliments formulés pour les porcs intègrent des phytases.**

⁴² Source: Connor J.M and Building, K (2008). Evolution of the Global Lysine Industry, 1960-2000. Chapter 8, pp. 237-66 in Innovation in the Food & Drink Industry, Ruth Rama (ed.). New York: Haworth Press

Firmes services : Comme indiqué plus haut dans le rapport, les connaissances sur les évolutions dans les systèmes d'alimentation produites par l'INRA ont été très rapidement capitalisées par les firmes services françaises pour créer de la valeur en proposant des nouvelles solutions et programmes nutritionnels afin de répondre aux besoins de leurs clients et/ou à l'évolution des exigences du marché. Compte tenu de la structuration de la filière de l'alimentation animale dans les années 80-90 (un nombre important de « petits » fabricants d'aliments), le chiffre d'affaire des firmes services a augmenté avec l'évolution des volumes d'aliment produit et l'utilisation croissante des additifs dans les formules alimentaires. En effet, à cette époque, les firmes services commercialisaient des solutions complètes intégrant les acides aminés, les enzymes et les prémix et très peu de producteurs d'aliments s'approvisionnaient directement chez les vendeurs d'acides aminés et d'enzymes. Les firmes services ont profité de cette dynamique pour renforcer leurs services R&D et concevoir des « solutions » nutritionnelles spécifiques basées en grande partie sur l'utilisation des systèmes EN et AA digestibles INRA afin de se différencier par rapport à leurs concurrents.

Politique

Appui aux politiques publiques nationales sur la réduction des impacts environnementaux des élevages de porcs : Dès les années 1990, la montée en puissance de la question agroenvironnementale s'est traduite par le développement de politiques nationales et européennes visant la conciliation des pratiques de la filière porcine avec les impératifs de l'environnement. Le CORPEN a été rapidement reconnu comme une interface de débat entre l'Etat et la profession agricole et a influencé de manière significative la politique environnementale en France. Les différents travaux menés à l'INRA et sa participation active dans le CORPEN ont contribué de manière significative à fournir des références fiables pour estimer les rejets d'azote et de phosphore au sein des exploitations porcines selon la conduite d'alimentation et la gestion des déjections. Ces références ont été utiles pour la mise en place des différentes mesures environnementales (MAE) déclinées dans différentes réglementations Européennes mais également pour accompagner les éleveurs dans le financement de diagnostics et de travaux permettant d'adapter les élevages à l'évolution des normes environnementales. La mise en place de ces réglementations environnementales et les travaux de l'INRA sur les leviers pour réduire les rejets et leur évaluation à l'échelle de l'animal, de l'atelier ou du système ont contribué à faire évoluer les pratiques d'élevage conduisant à une modification des caractéristiques des effluents issus des élevages porcins (voir partie suivante).

Social

De cette étude et aux dires des personnes interviewées, il est difficile d'attribuer (et d'objectiver) des impacts sociaux liés à l'amélioration des systèmes d'alimentation chez les porcins. Nous pouvons cependant estimer qu'elle a permis au moins de préserver les emplois directs et indirects (environ 100 000 ETP en 2015⁴³) liés à l'élevage porcine dans le contexte des années 80 où le nombre d'éleveurs était en forte baisse. Il est important de noter que, même si les éleveurs ne représentent qu'environ 15% des ETP de la filière, le maintien d'un ETP sur un élevage permet de sauvegarder environ 6 ETP à l'échelle de la filière.

Environnemental

L'alimentation a été un levier d'action important qui a permis de réduire de façon très significative l'excrétion d'azote, de phosphore, de Cu et de Zn des animaux. Ces pratiques sont maintenant largement appliquées dans les élevages, tout au moins dans les exploitations où les effluents se trouvent en excédent. **A l'échelle de l'animal, cela s'est traduit par une réduction importante des rejets d'azote (-32%) et de phosphore (-55%) entre 1984 et 2010** (Figure 4). Cette réduction est liée en grande partie au meilleur ajustement des apports alimentaires aux besoins des animaux et à l'utilisation d'additifs tels que les acides aminés et les phytases mais également à l'adoption de nouvelles pratiques d'alimentation (biphase en 1996). En prenant en compte l'évolution de la production de porc et les données de la Figure 4, **la réduction des rejets en azote et en phosphore peut-être évaluée à environ 11% et 46% à l'échelle nationale entre 1984 et 2010** (Figure 5). Le lien entre la réduction de rejets azotés à l'échelle des exploitations porcines et les

⁴³ A. Lang, C. Perrot, P. Dupraz, Y. Tregaro, P.M. Rosner, 2015: Les emplois liés à l'élevage Français. Rapport du GIS Elevage demain, 444 pages.

variations de la teneur en azote nitrate dans les cours d'eau n'est pas évident compte tenu de la multiplicité des origines de la pollution nitrique des eaux et des effets « retards » liés au fait que les nitrates retrouvés dans les eaux à une année n proviennent de l'azote épandu les années précédentes et stockés dans le sol (Figure 6). La réduction de la teneur en nitrate dans les eaux de surface à partir de 1994 est la conséquence directe de la réduction de l'excédent de la balance azotée globale. Pour la filière porcine, la contribution à la réduction de cet excédent s'explique principalement par la diminution des apports azotés par l'alimentation mais également par une meilleure gestion des déjections⁴⁰.

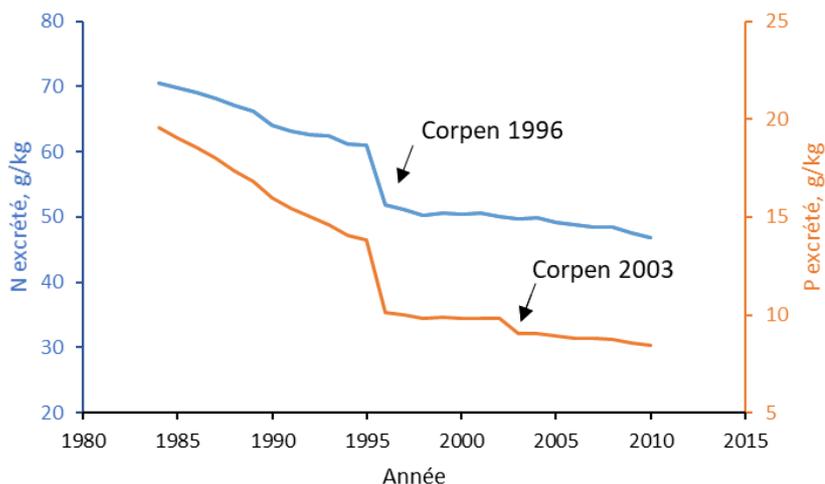


Figure 4 : Evolution de l'excrétion d'azote et de phosphore (exprimée en g/kg de porc produit) entre 1984 et 2010 (Source : JY Dourmad, communication personnelle)

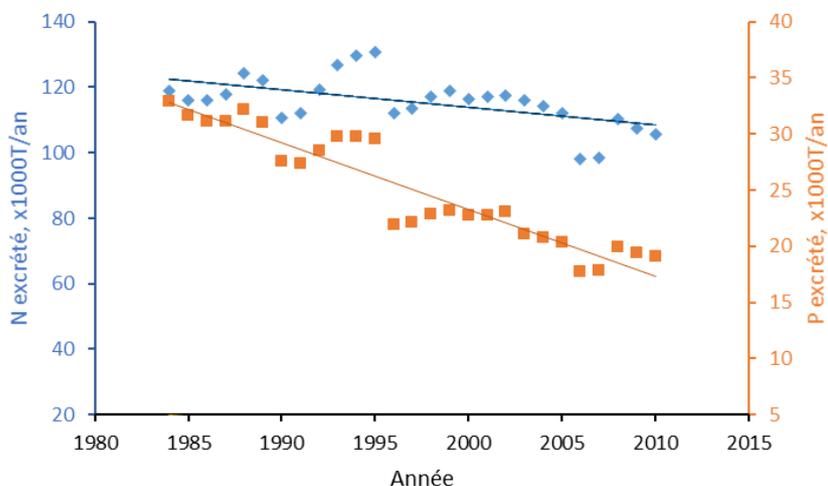


Figure 5 : Evolution de l'excrétion d'azote et de phosphore (exprimée en 1000T/an) entre 1984 et 2010 sur la base des données de la figure 4 et de l'évolution de la production de viande de porcs en France (Données FAO stat)

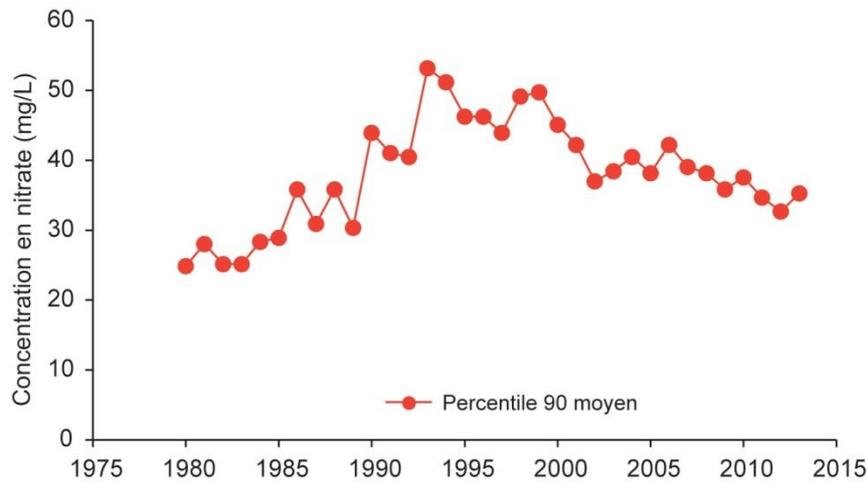


Figure 6 : Evolution de la concentration en nitrates (percentile 90) dans les eaux de surface en Bretagne⁴⁴

A une échelle plus globale, l'utilisation des acides aminés de synthèse pour compenser la baisse de la teneur en protéines des aliments a permis de **réduire l'incorporation de matières premières à fort impact sur le réchauffement climatique tel que le tourteau de soja importé**. A notre connaissance, les impacts environnementaux globaux de la production d'aliment pour porc n'ont pas été évalués dans le contexte des années 90. Une étude récente⁴⁵ montre que la suppression de la totalité des acides aminés des formules « porc » en France se traduirait par un fort accroissement des importations de tourteau de soja (+880 000T) et une augmentation de l'émission de GES de 18 à 66%.

Sanitaire

Une alimentation riche en protéines brutes augmente le risque de dysbiose intestinale et favorise l'apparition de diarrhées chez les jeunes porcs. La réduction des niveaux de protéines brutes dans l'alimentation accompagnée d'une utilisation d'acides aminés de synthèse est une stratégie maintenant assez largement utilisée pour atténuer les problèmes de fermentation protéolytique, réduire l'utilisation des antibiotiques et améliorer le bien-être des animaux.

⁴⁴ Dourmad J.-Y., Delaby L., Boixadera J.-L., Ortis C., Méda B., Gaigné C., Dumont B., 2017. Diversité des services rendus par les territoires à forte densité d'élevages, trois cas d'étude en Europe. In : Numéro spécial, L'élevage en Europe : une diversité de services et d'impacts. Dumont B. (Éd). INRA Prod. Anim., 30, 303-320.

⁴⁵ T. Guilbaud, N. Martin, W. Lambert, J. Le Cour Grandmaison, E. Bourgeat, 2021. Effets de l'évolution de la nutrition azotée chez les monogastriques : modélisation à l'échelle de la France Approche historique et prospective, focus sur l'espèce porcine. Journées de la Recherche Porcine, 53, XX-XX

Impacts 2

Pour cette étude, les impacts de niveau 2 concernent principalement l'internationalisation des outputs et de certains impacts de niveau 1, les intermédiaires restant communs à ceux qui ont permis les impacts de niveau 1.

Internationalisation des outputs

L'internationalisation des outputs décrits dans cette étude ont contribué à diffuser les concepts français sur l'évaluation des ressources et des réponses des animaux aux apports alimentaires. Cette diffusion a été également largement réalisée grâce à l'implication forte des chercheurs ayant directement contribué à générer ces nouveaux concepts via des participations à de nombreuses réunions techniques organisées par des firmes internationales pour améliorer le niveau technique de leurs clients.

Parmi les outputs qui ont eu une audience significative à l'étranger, nous pouvons citer :

- INRAporc : Depuis 2005, sur les 324 licences complètes du logiciel qui ont été commercialisées, 71% l'ont été à l'étranger dans 28 pays différents. Sur les 2500 versions libres, 77% des téléchargements ont été faits de l'étranger (Figure 7). Les chercheurs d'INRAE de St Gilles mais également des ingénieurs de l'IFIP ont assuré des formations à l'étranger (Allemagne, Belgique, Pays-Bas, Espagne, Italie, Hongrie, Pologne, USA, Canada, Brésil, et Chine) auprès des futurs utilisateurs

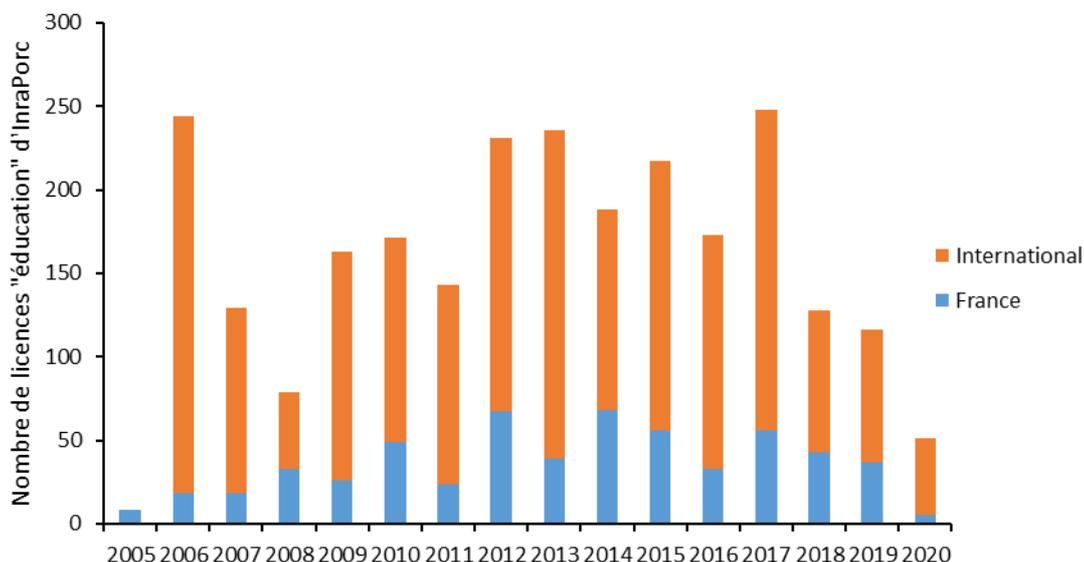


Figure 7 : Nombre de téléchargements de la version « éducation » de l'outil InraPorc entre 2005 et 2020 (Données produites par A. Valancogne, UMR PEGASE).

- EvaPig : en moyenne, 75% des téléchargements du logiciel ont été faits de l'étranger (Figure 8).

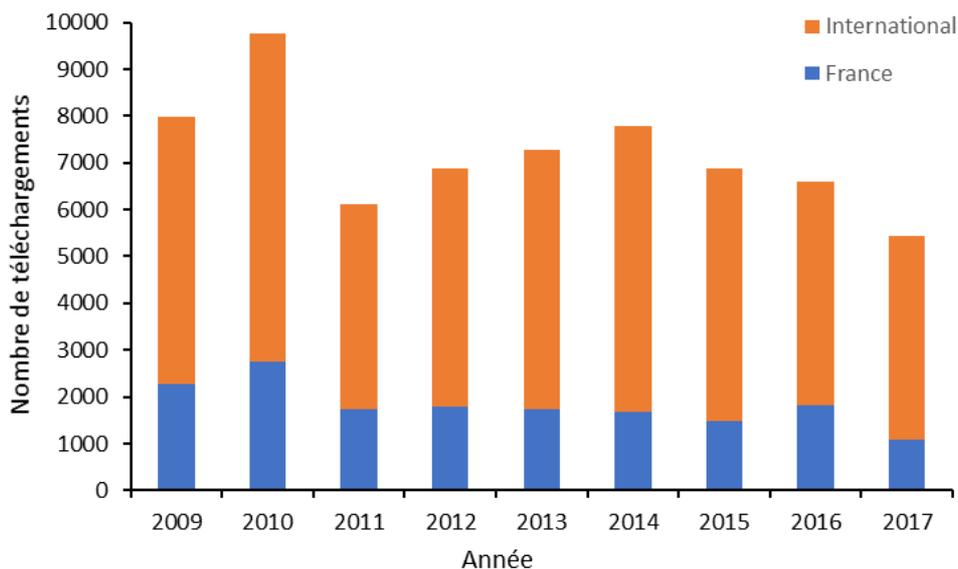


Figure 8 : Nombre de téléchargements uniques du logiciel EvaPig en France ou à l'étranger entre 2009 et 2017 (source : Ajonomoto Eurolysine).

- Tables INRA/AFZ de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : cet ouvrage a fait l'objet de traductions en anglais, en espagnol et en chinois. Ces tables traduites en langues étrangères représentent près de 75% des 20000 exemplaires commercialisés entre 2002 et 2012 (Figure 9).

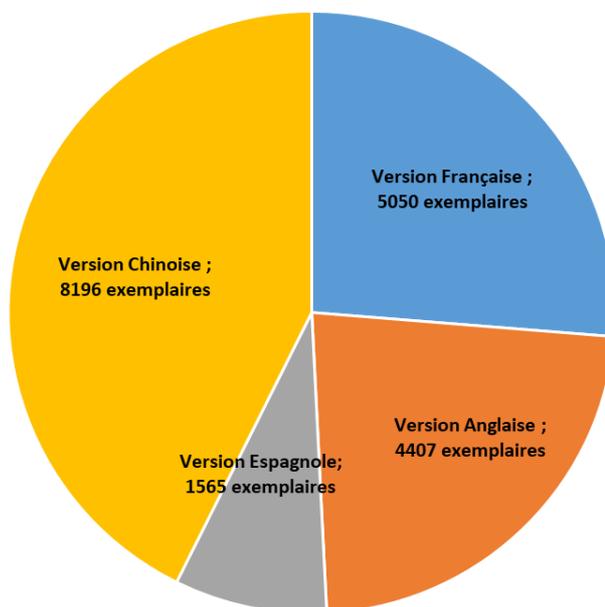


Figure 9 : Nombre d'exemplaires des Tables INRA/AFZ commercialisés entre 2002 et 2012 (source : INRA transfert).

Economique :

Selon les experts interrogés, l'internationalisation des activités des firmes services peut être considérée comme un impact des travaux réalisés par l'INRA sur les systèmes d'alimentation porcins. Ce développement

à l'international des firmes françaises observé depuis une dizaine d'années est aussi en grande partie lié à la stagnation du marché français de l'aliment pour bétail. Il s'est fait, soit par le rachat par les firmes françaises de compagnies étrangères ou, inversement, par le rachat de la totalité ou d'une part des activités des firmes françaises par des grands groupes internationaux. Dans les deux cas, ces rachats ont été nettement facilités par la « crédibilité » technique et le savoir-faire français dans le domaine de la nutrition animale.

Source des données

La liste des entretiens réalisés (personnel INRA + acteurs socio-économiques) :

Entretiens préliminaires dans à la réalisation de l'étude avec les acteurs qui ont réalisés les travaux de recherche à l'origine de l'évolution des concepts et des innovations sur les systèmes d'alimentation

- J.Y. Dourmad (INRA UMR PEGASE)
- J. Noblet (retraité INRA St Gilles)
- B. Sève (retraité INRA St Gilles ; par téléphone)

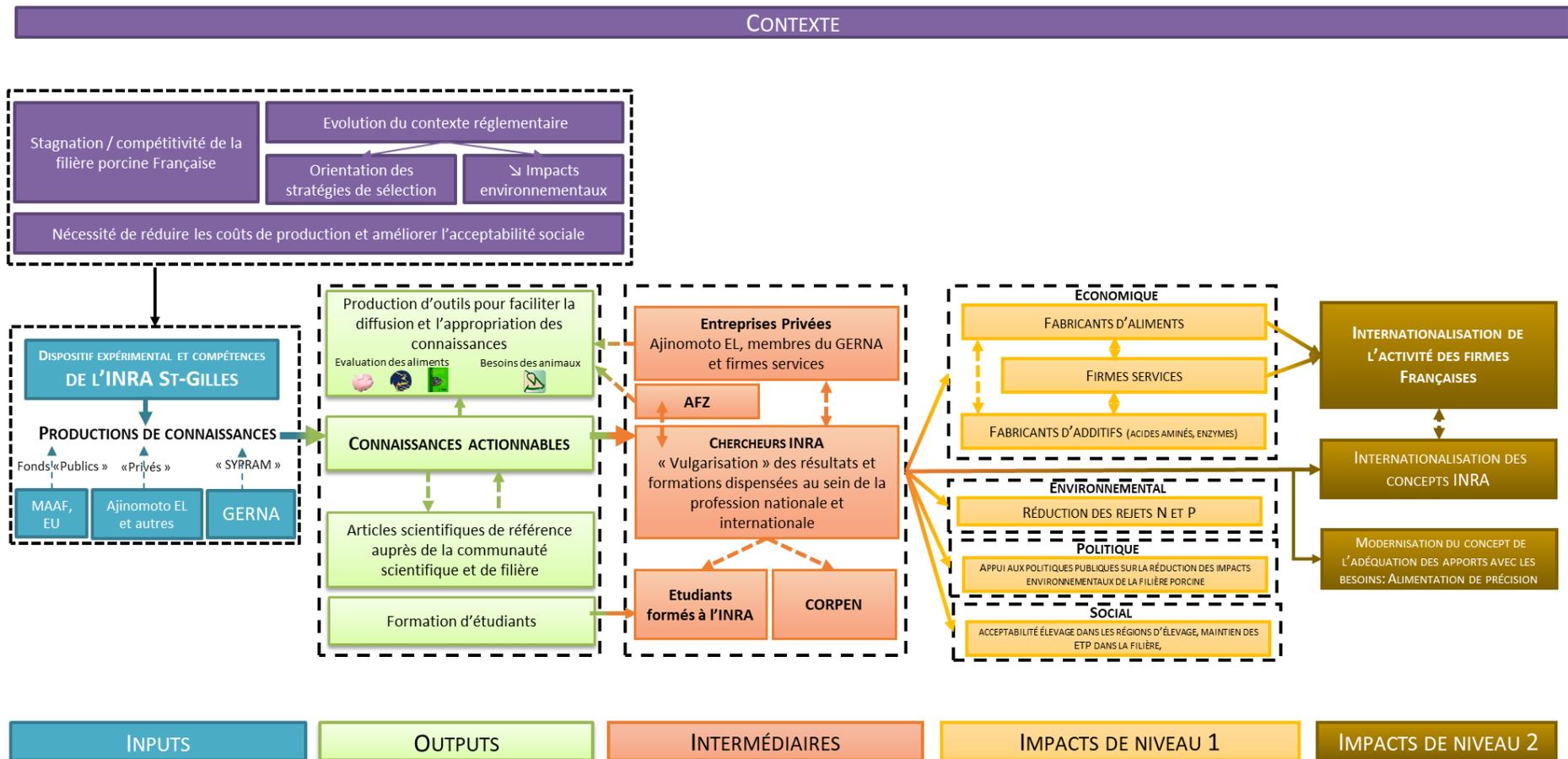
Entretiens réalisés dans le cadre de la conduite de l'étude :

- Mr Hervé Fortune (en présence de J. Noblet) : Spécialiste Porc, Société Wisium (firme service), groupe ADM
- Mr Alain Guyonvarch (en présence de J. Noblet) : membre du GERNA, directeur scientifique d'Evalis, Consultant Corporate Science chez Neovia group (retraité)
- Mr Daniel Bercovici (en présence de J. Van Milgen) : Président d'Ajinomoto Animal Nutrition Europe.
- Mr Philippe Jannot (en présence de J.Y. Dourmad) : Ministère de l'écologie et du développement durable Sous-direction des milieux aquatiques et de la gestion de l'eau. Bureau de la protection des ressources en eau et de l'agriculture
- J. Saulnier (en présence d'E. Labussière) : Ingénieur ITP puis responsable alimentation animale de la COOPERL (retraité)

Entretiens réalisés au moment de la rédaction du rapport :

- D. Guillou (R&D porc, Mixscience ; par téléphone)
- D. Planchenault (R&D porc DSM ; par téléphone)
- Syndicat National de l'Industrie de la Nutrition Animale (par mail)
- Association des Fabricants de Compléments et fournisseurs d'Additifs et ingrédients fonctionnels pour l'Alimentation Animale (par téléphone)

Impact pathway



INPUTS

OUTPUTS

INTERMÉDIAIRES

IMPACTS DE NIVEAU 1

IMPACTS DE NIVEAU 2

Vecteur d'impacts

Tableau résumant les impacts par dimension

Impact économique	Valeur ajoutée pour la filière ? Réduction du coût des aliments : réduction moyenne de 1-2% du coût matière ce qui, aux dires des experts interrogés, correspondait (à l'époque) à l'équivalent d'une bonne partie de la marge nette moyenne de l'industrie de l'alimentation animale. . La réduction globale des coûts matières combinée à une augmentation significative des volumes d'aliments produits a permis (au moins jusqu'au début des années 2000) une économie d'échelle qui a bénéficié principalement aux producteurs d'aliments Création de nouveau marchés : Firmes fabricant et commercialisant les additifs alimentaires : Forte évolution depuis le début des années 80, du marché des additifs alimentaires (vitamines, acides aminés, enzymes...)
Impact politique	Appui aux politiques publiques nationales sur la réduction des impacts environnementaux des élevages de porcs. appui à la mise en des réglementations environnementales et de leviers pour réduire les rejets et leur évaluation à l'échelle de l'animal, de l'atelier ou du système qui ont contribué à faire évoluer les pratiques d'élevage conduisant à une modification des caractéristiques des effluents issus des élevages porcins
Impact environnemental	Réduction de la pollution. L'alimentation a été un levier d'action important qui a permis de réduire de façon très significative l'excrétion d'azote, de phosphore, de Cu et de Zn des animaux. A l'échelle de l'animal, cela s'est traduit par une réduction importante des rejets d'azote (-32%) et de phosphore (-55%) entre 1984 et 2010 La réduction des rejets en azote et en phosphore peut-être évaluée à environ 11% et 46% à l'échelle nationale entre 1984 et 2010. Effet sur le changement climatique. A une échelle plus globale, l'utilisation des acides aminés de synthèse pour compenser la baisse de la teneur en protéines des aliments a permis de réduire l'incorporation de matières premières à fort impact sur le réchauffement climatique tel que le tourteau de soja importé.
Impact sanitaire	
Impact social	Préservation de l'emploi : préservation des emplois directs et indirects (environ 100 000 ETP en 2015) liés à l'élevage porcin, voire beaucoup plus si on considère les emplois indirects

Cette étude de cas a été réalisée selon la méthode ASIRPA (Analyse de l'impact sociétal de la recherche) mise au point par INRAE.

Pour en savoir plus sur la méthode : <https://www6.inrae.fr/asirpa/>

Auteur principal : Renaudeau, David

Co-auteurs : Dourmad Jean-Yves, van Milgen Jaap, Labussiere Etienne, Noblet Jean.

Photo de couverture : crédit Henri Flageul INRAE

Ce document est sous licence Creative Commons BY NC SA : Attribution – Utilisation non commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions.



> Pour citer ce document : David Renaudeau, Jean-Yves Dourmad, Jaap van Milgen, Etienne Labussière, Jean Noblet. Les systèmes d'alimentation chez le porc: Un élément clé pour des élevages plus durables. [Rapport de recherche] INRAE. 2021, pp.25. (hal-03286725)

HAL: <https://hal.inrae.fr/hal-03286725>

> Contact : asirpa@inrae.fr