

Commission sur le développement durable de la production porcine au Québec

Question posée à la commission
Réponse du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

Titre : Vérifier l'existence d'études comparatives sur les impacts économiques de l'utilisation ou non des agents microbiens comme facteurs de croissance

Audience Séances publiques	Date : 12 décembre 2002 soir	Lieu : Alma
Référence BAPE : - Trans 38 - Lignes 1775 à 1780	Référence MAPAQ :	

635 DDD



Mars 2002

Facteurs de croissance et produits alternatifs en alimentation porcine

Claudie GOURMELEN⁽¹⁾, Eric ROYER⁽²⁾, Yannick RUGRAFF⁽³⁾

Institut Technique du Porc

- (1) Pôle Economie
- (2) Pôle Techniques d'Elevage
- (3) Pôle Qualité

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries
et de l'Alimentation

3 FÉV. 2003

Direction générale
de l'alimentation

C.D.P.O.
07 JUN 2002

SOMMAIRE

Introduction.....	3
Avertissement.....	3
1^{ère} Partie : Aspects réglementaires et modes d'action	
1. La flore intestinale du porc.....	4
2. Les additifs en production animale.....	6
2.1. Généralités.....	6
2.2. Réglementation.....	6
3. Les facteurs de croissance en élevage porcin.....	9
3.1. Nature et mode d'action.....	9
3.2. Effets secondaires.....	11
4. Remise en cause de l'utilisation des facteurs de croissance.....	12
4.1. Historique.....	13
4.2. Motivations du bannissement des additifs antibiotiques.....	14
4.3. Conséquences d'un bannissement.....	15
5. Alternatives à l'utilisation de facteurs de croissance.....	17
5.1. Les acidifiants.....	17
5.1.1. Nature et mode d'action.....	17
5.1.2. Aspects réglementaires.....	17
5.2. Les enzymes.....	18
5.2.1. Nature et mode d'action.....	18
5.2.2. Aspects réglementaires.....	18
5.3. Les micro-organismes.....	18
5.3.1. Nature et mode d'action.....	18
5.3.2. Aspects réglementaires.....	19
5.4. Les argiles.....	19
5.4.1. Nature et mode d'action.....	19
5.4.2. Aspects réglementaires.....	20
5.5. Les oligo-saccharides.....	20
5.5.1. Nature et mode d'action.....	20
5.5.2. Aspects réglementaires.....	21
5.6. Cuivre et zinc.....	21
5.6.1. Nature et mode d'action.....	21
5.6.2. Aspects réglementaires.....	22
5.7. Extraits végétaux.....	23
5.7.1. Nature et mode d'action.....	23
5.7.2. Aspects réglementaires.....	23
5.8. Alternatives thérapeutiques.....	23
5.8.1. Intérêts et limites.....	24
5.8.2. Aspects réglementaires.....	25
Conclusion.....	26
Références bibliographiques.....	27
2^{ème} Partie : Estimation de l'efficacité zootechnique des additifs	
Objectifs.....	29
1. Matériels et méthodes.....	29
1.1. Produits étudiés.....	29
1.2. Etudes retenues.....	30
1.3. Interprétation des résultats.....	30
2. Résultats.....	31
2.1. Incidence de l'utilisation des additifs antibiotiques et des facteurs de croissance.....	31
2.2. Incidence de l'utilisation des acidifiants.....	32
2.3. Incidence de l'utilisation des enzymes.....	35
2.4. Incidence de l'utilisation des micro-organismes.....	36
2.5. Incidence de l'utilisation des argiles.....	39
2.6. Incidence de l'utilisation de cuivre et de zinc.....	41
2.7. Incidence de l'utilisation de préparation d'origine végétale.....	44
Conclusion.....	46
Références bibliographiques.....	47

3^{ème} Partie : Aspects économiques

Introduction	62
1. Présentation de l'étude économique	63
1.1. La consommation des antibiotiques facteurs de croissance par les animaux d'élevage en France et en Europe	63
1.2. Objectifs	64
1.3. Paramètres affectés par le bannissement des facteurs de croissance	65
1.3.1. Paramètres techniques	65
1.3.2. Paramètres économiques	65
1.3.3. Paramètres environnementaux	66
1.4. Définition des scénarios.....	66
1.4.1. Les situations étudiées.....	66
1.4.2. Structure du modèle de calcul.....	67
2. Résultats	69
2.1. Incidence des antibiotiques sur les performances zootechniques et le prix de l'aliment.....	69
2.1.1. Incidence sur les performances zootechniques	69
2.1.1.1. Incidence des facteurs de croissance utilisés jusqu'au 01.09.99	69
2.1.1.2. Incidence des facteurs de croissance encore utilisés après le 01.09.99	70
2.1.1.3. Incidence des autres additifs alimentaires.....	70
2.1.2. Incidence de l'incorporation d'additifs sur le prix de l'aliment	73
2.1.2.1. Facteurs de croissance et antibiotiques utilisés jusqu'au 01.09.99	74
2.1.2.2. Facteurs de croissance et antibiotiques encore autorisés après le 01.09.99	74
2.1.2.3. Autres catégories d'additifs alimentaires	74
2.2. Incidence économique de restrictions d'usage des antibiotiques.....	75
2.2.1. Retrait total des additifs antibiotiques	75
2.2.2. Incidence économique de l'utilisation restreinte d'antibiotiques et d'additifs non antibiotiques	75
2.2.2.1. Du sevrage à l'abattage	75
2.2.2.2. En post-sevrage.....	76
2.2.2.3. En engraissement.....	77
2.2.3. Tests des additifs au Danemark.....	77
3. Discussion	80
3.1. Incidence économique de la suppression des antibiotiques	80
3.1.1. incidence sur le coût de production	80
3.1.2. Impact sur les échanges commerciaux.....	82
3.1.3. Impact sur l'environnement.....	82
3.2. La situation dans quelques pays européens et les stratégies adaptatives	83
3.2.1. L'Allemagne	83
3.2.2. Cas du Danemark	83
3.2.3. L'exception suédoise.....	85
3.2.3.1. Le contexte suédois.....	85
3.2.3.2. Les conséquences dans les élevages et les voies d'adaptation	85
3.2.3.3. Quel bilan sur l'utilisation des antibiotiques ?	86
3.2.4. Les Etats-Unis	88
Conclusion	90
Références bibliographiques	91
Conclusion Générale	94

Introduction

Les antibiotiques sont non seulement utilisés en élevage dans un but thérapeutique mais également incorporés à faible dose dans l'aliment avec un but strictement zootechnique d'amélioration des performances. Les mécanismes d'action de ces facteurs de croissance antibiotiques sont encore incomplètement élucidés mais il est clair qu'ils permettent, par le biais de la flore intestinale, d'amoindrir les effets négatifs dus aux déséquilibres rencontrés lors de certaines périodes critiques d'élevage. Une incorporation à l'aliment de faibles doses de ces antibiotiques évitent ces déséquilibres en agissant sur les flores perturbatrices, généralement cataboliques. Les facteurs de croissance antibiotiques permettent donc une stimulation de l'anabolisme de l'animal.

L'utilisation de facteurs de croissance dans l'alimentation animale est remise en cause et le principal grief évoqué vis-à-vis de leur utilisation est leur rôle éventuel dans l'apparition de résistances bactériennes et la sélection de souches résistantes. L'augmentation des résistances en milieu hospitalier représente un problème crucial avec le développement croissant d'affections nosocomiales et l'utilisation d'antibiotiques, en médecine humaine et vétérinaire, mais également dans l'alimentation animale, est en cours de reconsidération.

Dans le cadre d'un bannissement, partiel ou total, des facteurs de croissance antibiotiques et dans un souci du maintien du niveau de productivité de la filière porcine, la recherche de solutions alternatives à l'emploi des facteurs de croissance antibiotiques connaît un regain d'intérêt. Ces solutions alternatives doivent à la fois être efficaces sur le plan zootechnique et apporter les garanties nécessaires en matière de sécurité alimentaire.

La présente étude se propose de répertorier les principales alternatives aux facteurs de croissance, le cadre réglementaire dans lequel elles peuvent être employées et leur mode d'action, avant de se pencher sur les conséquences zootechniques de leur emploi et des *répercussions économiques qu'elles entraînent*.

Avertissement

Les prix et les coûts figurant dans ce rapport sont tous indiqués en francs français (1 FF = 0,152 €)

Première partie

Aspects réglementaires et modes d'action

1. La flore intestinale du porc (Guillot et Ruckebusch, 1994 ; Jouglar et al., 1998)

A la naissance, le tube digestif du porcelet est stérile. Immédiatement après la naissance, les bactéries vont coloniser le tube digestif selon une séquence donnée. La mère constitue la source essentielle de la contamination bactérienne, les flores vaginale et fécale de la mère sont inoculées au jeune par voie fécalo-orale. Toutes les familles bactériennes ne colonisent pas l'intestin en même temps. La colonisation par les lactobacilles se fait rapidement à partir du troisième jour. Les colibacilles, entérocoques et clostridies sont sujets à d'importantes variations pendant la première semaine, l'équilibre est atteint vers la troisième semaine.

La flore intestinale est complexe et se compose de :

- une flore dominante anaérobie stricte ou anaérobie facultative (> 90 %) :
 - Bacilles anaérobies Gram - (*Bacteroides*),
 - Bacilles anaérobies Gram + (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Eubacterium*). Le genre *Lactobacillus* constitue la flore dominante de l'intestin grêle et du gros intestin du porc.
- une flore sous dominante (< 1 %) anaérobie facultative, composée de germes très variés (*Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*) ;
- une flore résiduelle (< 0,01 %) composée de *Clostridium*, *Proteus*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Shigella*...

La flore digestive varie selon les différents segments du tube digestif (tableau 1). La flore de l'estomac est essentiellement composée de lactobacilles alors que les bactéries anaérobies strictes, comme les bactéroïdes, dominent dans le secteur caeco-colique.

Tableau 1 - Localisation de la microflore chez le porc (Log10/g) (N = absence dans 0,02 g)

	Estomac		Intestin grêle		Caecum	Fèces
	antérieur	proximal	1° segment	2° segment		
<i>Escherichia coli</i>	5.3	3.0	3.4	5.3	6.5	6.8
<i>Clostridium welchii</i>	2.4	N	N	3.0	N	N
<i>Streptococcus sp.</i>	6.0	4.4	4.2	6.5	7.0	7.2
<i>Lactobacillus sp.</i>	8.6	7.0	6.5	8.0	8.6	8.8
<i>Bacteroides sp.</i>	N	N	N	N	7.4	7.6
Levures	4.3	4.3	3.9	4.0	4.0	4.2

A l'intérieur du tube digestif, les bactéries sont plus ou moins liées, certaines sont libres dans la lumière du tube digestif, et sont rejetées à l'extérieur assez rapidement, d'autres sont fixées aux débris alimentaires et sont éliminées dans les fèces, d'autres enfin sont situées à l'intérieur du mucus ou adhèrent à la surface des cellules épithéliales. Ces dernières résistent au transit intestinal et se multiplient donc préférentiellement.

Chez le porc, le transit alimentaire est ralenti au niveau du segment caeco-colique, où siège une intense activité bactérienne. La durée du transit est de l'ordre de 30 heures chez le porc en croissance et de 50 heures chez l'adulte.

Les différentes actions de la microflore ont été démontrées en comparant des animaux à l'état axénique (c'est à dire stérile) et à l'état conventionnel. La microflore a une action sur l'anatomie du tube digestif, en favorisant une augmentation du volume des compartiments digestifs, de la surface absorbante et du renouvellement des cellules des villosités. Elle agit également sur les caractéristiques physico-chimiques du tube digestif (modification du pH notamment) et sur la physiologie digestive (vitesse de transit, métabolisme). Enfin, elle stimule également les mécanismes de défense immunitaire et exerce un effet barrière vis-à-vis de bactéries colonisatrices, y compris les bactéries pathogènes.

La microflore digestive est un système dynamique en perpétuel renouvellement et susceptible d'être modifié par différents facteurs : microbiens, alimentaires, environnementaux, présence d'agents anti-microbiens...

Au fur et à mesure que l'écosystème intestinal se constitue, l'implantation de nouvelles bactéries saprophytes devient de plus en plus difficile à cause de l'effet barrière qui s'intensifie. D'après Tournut (1994), une modification de la flore intestinale ne peut être obtenue qu'après administration prolongée (trois semaines) de bactéries à forte dose ($> 10^6$ germes/gramme d'aliment).

En ce qui concerne les bactéries pathogènes, leur nombre, lors d'une infection, se situe entre 10^7 et 10^9 germes/gramme de contenu intestinal. Le développement bactérien peut être lié à une absence de colonisation du tube digestif, à la présence de facteurs d'adhésion favorables ou à une diminution de la résistance à la colonisation à la suite d'une administration d'antibiotiques notamment.

Les modifications brutales et importantes du régime alimentaire peuvent également affecter la microflore digestive, notamment au moment du sevrage, durant lequel la microflore va progressivement se modifier.

De même le stress perturbe la physiologie digestive et est à l'origine d'un déséquilibre de la flore. Les stress sont fréquents en élevage porcin et le porc y est particulièrement sensible.

Enfin, les anti-bactériens entraînent des variations au niveau de la flore digestive, en installant une pression de sélection, en réduisant l'effet de résistance à l'implantation ou en atténuant les propriétés d'adhérence bactérienne.

Ainsi, il apparaît qu'une flore équilibrée sur un animal en bonne santé et bien nourri permet d'optimiser ses potentialités génétiques mais que toute modification de cet équilibre représente une opportunité pour les agents pathogènes de se développer et peut être à l'origine d'une baisse des performances zootechniques.

2. Les additifs en production animale

2.1. Généralités

Les additifs utilisés dans l'alimentation animale sont des substances qui, incorporées aux aliments des animaux, sont susceptibles d'influencer les caractéristiques de ces aliments ou de la production animale. Les additifs en alimentation animale regroupent des substances diverses, il s'agit notamment de produits chimiothérapeutiques (antibiotiques, anticoccidiens...) qui ont apporté, par une amélioration de l'état sanitaire des troupeaux, une contribution importante au succès et à l'économie de l'élevage d'animaux en groupe. Mais d'autres substances, telles que les colorants, les anti-oxygènes, les émulsifiants, conservateurs et autres..., sont également introduites dans les aliments, elles permettent d'accroître la productivité de l'élevage et sa rentabilité. Tous ces produits n'entrent pas nécessairement dans la composition de rations équilibrées et ne sont pas indispensables à la vie, ils diffèrent des oligo-éléments, que l'on trouve à l'état de traces mais dont la législation autorise une certaine supplémentation en qualité d'additifs, tout comme pour les vitamines.

L'utilisation de ces additifs est soumise à une autorisation d'emploi visant à ce qu'ils ne puissent avoir d'effets nocifs sur les animaux, sur le consommateur des denrées animales ou sur l'environnement des productions animales.

2.2. Réglementation

L'utilisation d'additifs dans les aliments destinés aux animaux est réglementée au niveau communautaire depuis 1970 (directive 70/524/CEE). Cette directive de base a été modifiée depuis de nombreuses fois. Les additifs présentant les garanties requises concernant la sécurité et l'efficacité sont inscrits sur une liste positive.

L'utilisation des additifs en alimentation animale est soumise à une autorisation d'emploi. En effet, une partie d'entre eux sont dotés de propriétés pharmacodynamiques et il est indispensable qu'ils ne puissent exercer d'effets nocifs sur les animaux ou les consommateurs.

L'autorisation d'emploi d'un additif par la Commission de Bruxelles est l'aboutissement de recherches longues et coûteuses. Selon la directive, une substance n'est autorisée comme additif que si :

- incorporée aux aliments des animaux, elle a un effet favorable sur les caractéristiques de ces aliments ou sur la production animale ;
- compte tenu de la teneur admise dans les aliments, elle n'a pas d'influence défavorable sur la santé animale ou humaine et qu'elle ne porte pas préjudice au consommateur en altérant les caractéristiques des produits animaux ;
- son contrôle, du point de vue de sa nature et de sa teneur dans les aliments, est possible ;
- compte tenu de la teneur admise dans les aliments, un traitement ou une prévention de maladies animales est exclu ;
- pour des raisons sérieuses concernant la santé humaine ou animale, elle ne doit pas être réservée à l'usage médical ou vétérinaire.

Le fabricant qui souhaite commercialiser un additif prépare un dossier dans ce sens et le présente devant un organisme officiel d'un Etat membre. Pour la France, cet organisme est la Commission Interministérielle et Interprofessionnelle de l'Alimentation Animale (CIIAA),

intégrée depuis 2000 à l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des aliments (AFSSA). Un expert est nommé et après des essais complémentaires si nécessaires, la Commission, après avis favorable, le transmet à une Division de la Direction Générale des Consommateurs de Bruxelles.

Pour être adopté, il doit recevoir :

- l'avis favorable du Comité Scientifique de l'Alimentation Animale (SCAN), qui réunit des experts scientifiques des Etats membres proposés à la Commission par chaque pays et choisis par elle ;
- l'accord de la majorité des délégués desdits Etats membres.

Ces diverses étapes franchies, l'autorisation d'emploi apparaît au Journal Officiel des Communautés dans l'annexe I ou l'annexe II de la directive 70/524/CEE :

- En annexe I figurent les additifs qui sont, en principe, autorisés à titre définitif dans tous les pays de la Communauté, sauf données nouvelles dues aux progrès des techniques qui rendraient cette autorisation caduque.
- En annexe II, les additifs qui y sont classés présentent deux caractéristiques. D'une part l'application de leur autorisation d'emploi est laissée à l'initiative de chaque Etat membre, d'autre part, cette autorisation est provisoire. A l'échéance, trois possibilités se présentent : suppression définitive de l'autorisation, prolongation de l'autorisation ou passage en annexe I.

Dans le cas où l'emploi dans les aliments des animaux d'un des additifs énumérés en annexe I serait susceptible de présenter un danger pour la santé animale ou humaine, un Etat membre peut provisoirement suspendre ou restreindre l'autorisation d'emploi de cet additif.

Actuellement, les additifs en alimentation animale sont regroupés en différentes catégories :

- A - Antibiotiques
- B - Substances ayant des effets anti-oxygènes
- C - Substances aromatiques et apéritives
- D - Coccidiostatiques et autres substances médicamenteuses
- E - Agents émulsifiants, stabilisants, épaississants et gélifiants
- F - Matières colorantes y compris les pigments
- G - Agents conservateurs
- H - Vitamines, pro-vitamines et substances analogues chimiquement bien définies
- I - Oligo-éléments
- J - Facteurs de croissance
- L - Agents liants, antimottants et coagulants
- M - Régulateurs d'acidité
- N - Enzymes
- O - Micro-organismes
- P - Liants de radionucléides

Pour chaque additif, sont précisés les espèces cibles, l'âge maximal des animaux ainsi que les doses minimales et maximales d'incorporation à l'aliment.

La directive 70/524/CEE a été modifiée par la directive 96/51/CE, appelée aussi 5^{ème} amendement. Cette nouvelle directive envisage la réévaluation des additifs, la suppression des annexes I et II et une nouvelle répartition des additifs dans différentes annexes. Le début d'application du 5^{ème} amendement a eu lieu le 01/04/98 et la période transitoire entre l'application de ces deux directives s'étale de 1998 à 2003. Une distinction est clairement établie

entre les additifs des catégories A, D et J et les autres additifs et, pour ces additifs A, D et J, la publication de la liste des responsables de la mise en circulation est prévue.

Concrètement, les additifs A, D et J inscrits à l'annexe I (70/524) avant le 01/01/1988 se retrouvent destinés à l'annexe B, chapitre I de la directive 96/51, la date limite du dépôt de réévaluation est fixée au 01/10/2000, la date limite de fin de réévaluation par la Commission est fixée au 01/10/2003. Les additifs inscrits à l'annexe B, chapitre I, bénéficient d'une autorisation provisoire pour 10 ans.

Les additifs A, D et J inscrits à l'annexe I (70/524) après le 31/12/1987 se retrouvent à l'annexe B, chapitre II de la directive 96/51 et sont destinés ultérieurement au chapitre I après la réévaluation qui aura lieu dix ans après leur mise sur le marché.

Les additifs A, D et J inscrits à l'annexe II (70/524) avant le 01/04/1998 (date de mise en application du 5^{ème} amendement) se retrouvent à l'annexe B, chapitre III de la directive 96/51 et bénéficient d'une autorisation provisoire nationale, cette autorisation provisoire ne peut excéder 5 ans compte tenu de la période d'inscription à l'annexe II. En ce qui concerne les additifs pour lesquels les premières autorisations provisoires ont été délivrées après les 01/04/1998, la durée de l'autorisation ne peut excéder 4 ans.

Les autres additifs (autres que ADJ, c'est à dire additifs technologiques, substances nutritives, micro-organismes et enzymes) inscrits à l'annexe I (70/524) avant le 01/04/1998, bénéficient d'une autorisation sans limitation dans le temps. Ceux inscrits à l'annexe II (70/524) avant le 01/04/98 bénéficient éventuellement d'une autorisation provisoire nationale d'une durée maximale de 5 ans avant d'obtenir une autorisation sans limitation dans le temps.

Pour les produits nouveaux n'ayant pas encore fait l'objet d'une inscription (nouveaux produits ou nouveaux usages), le déroulement est le suivant :

- les additifs ADJ bénéficient d'une autorisation provisoire d'une durée maximale de 4 ans, cette autorisation est nationale (facultative) si l'inscription de l'additif est antérieure au 01/10/1999 et communautaire (obligatoire) si l'inscription est postérieure au 01/10/1999. Après cette autorisation provisoire de 4 ans et réexamen, ces additifs pourront bénéficier d'une autorisation provisoire de 10 ans ;
- les autres additifs bénéficient d'une autorisation provisoire d'une durée maximale de 5 ans, cette autorisation est nationale (facultative) si l'inscription de l'additif est antérieure au 01/10/1999 et communautaire (obligatoire) si l'inscription est postérieure au 01/10/1999. Après cette autorisation provisoire de 5 ans et réexamen, ces additifs pourront bénéficier d'une autorisation sans limitation dans le temps.

Le règlement 2697/2000 du 27 novembre 2000 concerne les autorisations provisoires d'additifs dans les aliments des animaux et son annexe remplace en fait l'annexe II de la directive 70/524.

3. Les facteurs de croissance en élevage porcin

3.1. Nature et mode d'action

Au niveau terminologie, les facteurs de croissance appartiennent au groupe des promoteurs de croissance, qui comprend, outre les facteurs de croissance, les activateurs de croissance et les orexigènes. Il convient surtout de les distinguer des activateurs de croissance (bêta-agonistes et hormones stéroïdiennes) avec lesquels la confusion est fréquente.

Les facteurs de croissance utilisés en élevage porcin appartiennent aux catégories A et J de la directive 70/524/CEE (antibiotiques et facteurs de croissance sensu stricto).

Les facteurs de croissance antibiotiques (catégorie A) sont utilisés depuis une quarantaine d'années en élevage. Ils ont la propriété de stimuler la croissance des animaux et de réduire le taux de mortalité.

Les facteurs de croissance sensu stricto (catégorie J) permettent également une amélioration de la croissance et de l'indice de consommation, sans exercer d'action spécifique sur les germes. Seuls deux facteurs de croissance existaient en alimentation animale, tous deux chez le porc : le carbadox et l'olaquinox.

Le tableau 2 récapitule les facteurs de croissance autorisés (jusqu'à l'été 1999) au sein de l'Union européenne.

Tableau 2 - Facteurs de croissance en élevage porcin (directive 70/524/CEE)

Additif	Catégorie d'animaux	Age max.	Teneur dans l'aliment (mg/kg)
A - Antibiotiques (les substances en italique sont interdites depuis le 01/07/99)			
Avilamycine	Porcelets	4 mois	20-40
	Porcs	6 mois	10-20
<i>Bacitracine zinc</i>	Porcelets	4 mois	5-50
	Porcelets (aliment d'allaitement seulement)	3 mois	5-80
	Porcs	6 mois	5-20
<i>Spiramycine</i>	Porcelets	4 mois	5-50
	Porcelets (aliment d'allaitement seulement)	3 mois	5-80
	Porcs	6 mois	5-20
<i>Phosphate de tylosine</i>	Porcelets	4 mois	10-40
	Porcs	6 mois	5-20
<i>Virginiamycine</i>	Porcelets	4 mois	5-50
	Porcs	6 mois	5-20
	Truies		20-40
Flavophospholipol	Porcelets	3 mois	10-25
	Porcs	6 mois	1-20
Salinomycine sodium	Porcelets	4 mois	30-60
	Porcs	6 mois	15-30
J - Facteurs de croissance (interdits depuis le 01/09/99)			
Carbadox	Porcelets (sauf 4 sem. avant abattage)	4 mois	20-50
Olaquinox	Porcelets (sauf 4 sem. avant abattage)	4 mois	15-50
	Porcelets (aliment d'allaitement seulement)	4 mois	50-100

Le mode d'action des facteurs de croissance antibiotiques n'est pas entièrement élucidé, mais leur action sur la flore intestinale paraît indéniable (Bories et Louisot, 1998; Thomke et Elwinger, 1998b, 1998c). Les doses utilisées ne sont ni bactéricides ni bactériostatiques en regard de celles mises en oeuvre dans les aliments médicamenteux (quelques centaines de mg par kg d'aliment), mais elles exercent un effet métabolique chez certaines espèces bactériennes qui se traduit par une modification des conditions de compétition au sein de ces flores complexes. Deux théories tentent d'expliquer leur mécanisme d'action : l'action anti-bactérienne et l'action hormonale (Puyt, 1982).

Le mécanisme d'action le plus généralement admis pour rendre compte des effets biologiques des facteurs de croissance sur les performances zootechniques fait appel à leur action anti-bactérienne. Tous les facteurs de croissance, antibiotiques ou sensu stricto, possèdent une activité anti-bactérienne. Selon cette théorie, les facteurs de croissance agissent directement sur la flore microbienne du tube digestif, et secondairement sur sa physiologie. Ils provoquent une diminution d'un certain type de flore défavorable à la croissance et prolifération d'autres germes bactériens. Ces modifications de l'équilibre de la flore intestinale varient selon les facteurs de croissance.

A la suite de ces modifications de la flore intestinale, les facteurs de croissance provoqueraient secondairement une épargne de nutriments et de vitamines dégradés par les enzymes digestives au lieu d'être détournés au profit de la multiplication bactérienne ou transformés en catabolites toxiques. Une meilleure utilisation des nutriments, en relation avec une moindre dégradation microbienne d'acides aminés indispensables, permet une augmentation de la valeur biologique de la ration ainsi que de la digestibilité des protéines. Les facteurs de croissance provoqueraient également une diminution de la production de catabolites toxiques (amines, ammoniac) issus de la dégradation des acides aminés et de l'urée. Au niveau physiologique, les modifications de la flore intestinale entraînent des modifications histologiques de la paroi du tube digestif, qui devient plus mince et plus perméable. Par suite de la diminution de la production d'acide lactique, le transit intestinal est ralenti et favorise un contact prolongé entre les nutriments et la muqueuse intestinale, donc une meilleure assimilation.

Cette théorie de l'action anti-microbienne des facteurs de croissance n'explique pas pour autant l'amélioration de l'appétit des animaux et l'augmentation de la consommation alimentaire.

Un second mécanisme est proposé pour rendre compte de l'action des facteurs de croissance. Les facteurs de croissance se comporteraient comme des hormones non spécifiques, sans prise en charge par des transporteurs spécifiques. Ces facteurs de croissance se comporteraient, tout comme un certain nombre d'hormones, comme de simples agents d'oxydoréduction, accepteurs ou donateurs d'électrons. Il s'en suivrait, par l'intervention d'enzymes correspondantes, une activation des biosynthèses et de la croissance.

Cette théorie a le mérite de faire intervenir une action directe des facteurs de croissance sur le métabolisme animal, ce qui permet d'expliquer l'augmentation d'appétit et de la consommation alimentaire. Cependant, cette conception unique de mécanisme d'action hormonal place tous les facteurs de croissance sur un même plan en les considérant comme agents d'oxydo-réduction. Une telle propriété commune pour des structures chimiques aussi diverses n'est pas évidente. Il est également difficile de concevoir qu'une infime quantité suffise à déclencher des réactions en chaîne, surtout lorsque ces réactions nécessitent un passage intra cellulaire, propriété que n'ont pas tous ces composés.

Ainsi, aucune de ces théories n'apporte à elle seule une réponse satisfaisante, de nombreux points restent à élucider, mais il est probable que l'efficacité des facteurs de croissance résulte de mécanismes d'action variés. Il semble en effet difficile d'exclure l'intervention de l'un de ces deux mécanismes, il est donc vraisemblable que l'action anti-bactérienne des facteurs de croissance sur la flore digestive et leur action sur le métabolisme général de l'animal interviennent simultanément et à des degrés divers selon les substances. Il est incontestable que ces substances, par leur action sur l'équilibre de la flore bactérienne intestinale, apportent une amélioration de la digestibilité des protéines et des autres nutriments. Inversement, en diminuant la production de catabolites toxiques et la population bactérienne défavorable, ces substances diminuent globalement le facteur stress, ce qui concourt à une amélioration du métabolisme général. Cette amélioration du métabolisme général peut en retour modifier les conditions physiologiques intestinales. Finalement, toutes ces actions contribuent à l'amélioration des performances zootechniques.

3.2. Effets secondaires

Comme pour toute substance incorporée aux aliments des animaux, il est fondamental d'apprécier le danger que représente ces substances à l'état de résidus et les effets secondaires ou inconvénients qu'elles pourraient manifester pour le consommateur humain, à la suite de l'ingestion de denrées alimentaires provenant d'animaux dont la ration a été supplémentée.

Compte tenu des concentrations d'emploi des facteurs de croissance, les risques de toxicité directe pour l'animal sont nuls. Ces substances sont de plus rapidement éliminées de l'organisme, leurs résidus, de l'ordre du ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$), ne persistent pas plus de quelques jours, aussi, le risque de toxicité directe de ces substances ou de leurs résidus pour le consommateur est donc très improbable, si ce n'est nul (Puyt, 1982 ; Rugraff, 1998).

Sur le plan qualitatif, aucune étude n'a montré un effet négatif de l'utilisation des facteurs de croissance sur les caractéristiques nutritionnelles ou organoleptiques des produits animaux (Bories et Louisot, 1998).

Au niveau environnemental, l'augmentation de l'efficacité alimentaire consécutive à l'emploi des facteurs de croissance entraîne une réduction des rejets azotés de l'ordre de 3 à 4 % (Thomke et Elwinger, 1998a).

Cependant, les facteurs de croissance sont accusés d'intervenir dans la sélection de bactéries antibiorésistantes d'une part, et d'autre part, certains de ces facteurs de croissance (carbadox et olaquinox), non carcinogènes, présentent une parenté structurale avec des composés reconnus carcinogènes. Entre ces dangers, microbiologique et carcinogène, c'est le danger microbiologique qui retient le plus l'attention.

Le développement de l'emploi des antibiotiques a provoqué un accroissement considérable des résistances bactériennes et, face à l'extension des phénomènes d'antibiorésistance, le risque de transfert de l'animal à l'homme, par ingestion directe d'aliments contaminés par des bactéries résistantes et par transfert de plasmides de résistance à la flore intestinale humaine, est fréquemment évoqué. Il est nécessaire de connaître la part qui revient à l'utilisation des antibiotiques à doses nutritionnelles dans l'augmentation des phénomènes de résistances bactériennes.

Selon le rapport Bories et Louisot (1998), les experts ne partagent pas les mêmes points de vue concernant l'effet relatif des fortes doses (thérapeutiques) et de la répétition de faibles doses (additives) antibiotiques sur la sélection des bactéries résistantes. L'opinion qui prévaut est que l'utilisation thérapeutique humaine et vétérinaire a un impact beaucoup plus important que la supplémentation alimentaire par les facteurs de croissance. De plus une

circulation de gènes de résistance dans la flore intestinale de l'homme ou de l'animal, existe et persiste en dehors de toute pression de sélection.

Le rapport HAN (Heidelberg Appeal Nederland Foundation) (Bezoen et al., 1999), affirme que les risques pour la santé humaine liés à l'utilisation de promoteurs de croissance antibiotiques ne peuvent être évalués de manière fiable en raison d'un manque de données. Le manque de données ne permet pas d'évaluer en profondeur le risque de transmission d'une résistance des bactéries aux antibiotiques des animaux vers l'homme. Jusqu'ici, les antibiotiques facteurs de croissance n'ont pas compromis l'utilisation thérapeutique de ces antibiotiques pour les hommes, et aucune donnée épidémiologique n'a révélé d'augmentation des maladies infectieuses en corrélation avec l'utilisation d'antibiotiques facteurs de croissance. L'étude de la fondation HAN, en conclusion, affirme que l'évaluation des risques pour la santé humaine liés à l'utilisation d'antibiotiques facteurs de croissance nécessite la réalisation d'un inventaire scientifique complet impliquant une recherche multidisciplinaire.

De nombreuses considérations bactériologiques permettent d'apprécier, objectivement, le risque d'antibiorésistance consécutif à l'utilisation de facteurs de croissance dans l'alimentation animale. Et tout d'abord, le fait que la majeure partie des antibiotiques utilisés comme facteurs de croissance ont un spectre d'activité étroit, limité aux bactéries Gram +. Or le principal risque de transfert de résistance est en relation avec le transfert de plasmides, phénomène principalement rencontré chez les bactéries Gram -. Les conclusions du rapport Bories et Louisot (1998) signalent d'une part que l'utilisation des additifs antibiotiques, comme toute autre application préventive ou curative, animale ou humaine, d'antibiotiques, entraîne l'apparition de résistances bactériennes transférables, qui représentent un danger (risque potentiel pour l'homme et pour l'animal) mais que cependant aucune prévalence du sens de ces transferts n'est démontrée, d'autre part que le risque de contamination humaine au contact d'animaux ou de produits provenant de ces animaux reste extrêmement limité, sinon sans signification.

Finalement, il semble que les risques engendrés par l'emploi des antibiotiques comme facteurs de croissance, s'ils ne sont nuls, demeurent en tout cas très restreints.

4. Remise en cause de l'utilisation des facteurs de croissance

Les risques pour la santé publique liés à l'utilisation des antibiotiques comme facteurs de croissance dans l'alimentation animale, évoqués précédemment, font actuellement l'objet de vifs débats au sein de l'Union européenne. Pourtant l'utilisation de facteurs de croissance a souvent été discutée depuis plusieurs années et les conséquences de ces discussions ont abouti à des réductions voire des suppressions d'emploi. Récemment, les dernières mesures prises au niveau communautaire vont dans le sens d'un usage encore plus restreint, voire un bannissement total, des facteurs de croissance. La Suède, qui a banni l'utilisation des facteurs de croissance antibiotiques depuis 1986, permet de contribuer à l'illustration des conséquences prévisibles d'un bannissement. Le Danemark a suivi l'exemple suédois en limitant, en 1998, l'utilisation des facteurs de croissance pour arriver à un bannissement total en 2000.

4.1. Historique

1969 - Le rapport SWANN

Ce rapport britannique attire l'attention sur le phénomène d'apparition de bactéries résistantes aux antibiotiques, avec le risque de sélectionner chez les animaux des bactéries résistantes susceptibles de contaminer l'homme.

1970 - Directive 70/524/CEE

Création de la première directive sur les additifs dans l'alimentation animale.

1973 - Conférence de Brême

Au cours de cette conférence, l'OMS propose d'exclure les additifs antibiotiques actifs contre les Gram -.

1982 - Création du réseau RESABO

Ce réseau, créé par le CNEVA de Lyon, a pour objectif de collecter, à partir des Laboratoires Vétérinaires Départementaux, les informations concernant la sensibilité aux antibiotiques des principales bactéries pathogènes chez les bovins.

1984 - Directive 84/587/CEE

Cette directive, modifiant la 70/524/CEE, est motivée par le constat selon lequel la réglementation d'alors ne donnait pas toutes les garanties de sécurité nécessaires.

1986 - La Suède interdit l'utilisation des additifs antibiotiques

Seules les utilisations thérapeutiques, à titre préventif ou curatif, restent autorisées.

1987 - Directive 87/153/CEE

Cette directive énonce les lignes directrices destinées à l'établissement d'un dossier pour les substances susceptibles d'être admises comme additifs dans les aliments des animaux.

1994 - Directive 94/34/CE

Les Etats membres sont autorisés à maintenir l'interdiction d'utilisation de certains additifs dans la production de certaines denrées si cette interdiction est antérieure à 1992.

1995 - Adhésion de la Suède, de la Finlande et de l'Autriche à l'Union européenne

La Suède et la Finlande disposent d'un délai de quatre et trois ans respectivement pour se conformer à la législation européenne.

Mai 1995 - Le Danemark interdit l'avoparcine

Cette décision est prise après la mise en évidence de résistances à l'avoparcine et motivée par la crainte de voir apparaître des résistances à un autre glycopeptide utilisé en médecine humaine, la vancomycine.

Juillet 1995 - Restriction d'emploi de l'avoparcine dans l'Union

L'autorisation de l'avoparcine chez la vache laitière n'est pas reconduite.

Janvier 1996 - Interdiction de l'avoparcine en Allemagne

Juillet 1996 - Directive 96/51/CE

Cinquième amendement de la directive 70/524/CEE.

Janvier 1997 - Interdiction de l'avoparcine dans l'Union

La Commission suspend, pour une durée de 2 ans, l'utilisation de l'avoparcine comme additif.

Octobre 1997 - Conférence de Berlin

L'OMS déclare que la consommation de viandes d'animaux élevés avec des antibiotiques risque de rendre l'homme résistant au traitement des maladies que ces animaux peuvent transmettre à l'homme.

Janvier 1998 - Restriction d'emploi des additifs en Finlande et au Danemark

La Finlande interdit la tylosine et la spiramycine. Le Danemark interdit la virginiamycine, et au terme d'une démarche volontaire, supprime l'utilisation d'additifs antibiotiques en engraissement.

Février 1998 - Demande de la Suède pour le maintien de l'interdiction

Septembre 1998 - Conférence de Copenhague

De nombreux experts se concertent sur le bon usage des antibiotiques. La suppression de leur emploi comme additifs est envisagée.

Novembre 1998 - La Commission propose l'interdiction de quatre additifs antibiotiques

Il s'agit de la bacitracine, de la tylosine, de la spiramycine et de la virginiamycine.

Décembre 1998 - Décisions communautaires

Suspension des quatre additifs - Réexamen de l'interdiction de l'avoparcine non justifié (règlement CE/2821/98 du 17 décembre 1998). Interdiction du carbadox et de l'olaquinox (règlement CE/2788/98 du 22 décembre 1998).

Mars 1999 - Conférence de Paris

Au siège de l'OIE, les conclusions de cette conférence soulignent notamment l'importance du bon usage des antibiotiques et de la surveillance des antibiorésistances.

Le rapport HAN affirme que l'interdiction des additifs antibiotiques par la Commission européenne repose sur des données scientifiques insuffisantes.

2000 - Arrêt de l'utilisation des facteurs de croissance au Danemark

4.2. Motivations du bannissement des additifs antibiotiques

Les motivations de la Commission pour restreindre l'emploi des additifs sont décrites dans les règlements CE/2821/98 pour les additifs antibiotiques et CE/2788/98 pour les facteurs de croissance sensu stricto.

La première motivation citée est d'ordre politique puisque la Commission est tenue de prendre, avant le 31 décembre 1998, une décision sur les demandes présentées par la Suède.

Le règlement CE/2821/98 souligne ensuite :

- les interdictions de la tylosine et de la spiramycine en Finlande ainsi que celle de la virginiamycine au Danemark ;
- que le réexamen de l'interdiction de l'avoparcine ne se justifie pas (le réexamen devait être effectué avant le 31 décembre 1998) puisque aucun nouvel élément n'était parvenu ;
- que, vis-à-vis de l'interdiction finlandaise des macrolides (tylosine et spiramycine), le SCAN conclut qu'il n'y a pas de raison pour interdire ces substances en tant

qu'additifs mais qu'il reconnaît que l'utilisation des macrolides comme additifs contribue à la sélection de bactéries résistantes ;

- le risque de résistances croisées entre certains additifs et les antibiotiques utilisés en médecine humaine, notamment pour la tylosine, la spiramycine et la virginiamycine ;
- l'usage de certaines molécules à la fois comme additifs en alimentation animale et en médecine humaine, c'est le cas de la spiramycine et de la bacitracine ;
- la même empreinte génétique entre deux souches d'*Enterococcus faecium* résistants à la virginiamycine et à la pristiniamicine, l'une isolée à partir d'un fermier hollandais et l'autre à partir de ses volailles, qui pourrait être l'exemple d'un transfert d'entérocoques résistants de l'animal à l'homme ;
- que les éléments présentés par la Suède vis-à-vis du flavophospholipol et des ionophores ne justifient pas une interdiction, puisqu'ils ne sont pas utilisés en médecine humaine ou vétérinaire et qu'ils ne sélectionnent pas de résistance croisée à des antibiotiques utilisés en médecine humaine ou vétérinaire.

Le règlement CE/2788/98 justifie l'interdiction du carbadox et de l'olaquinox par :

- les propriétés génotoxique et cancérigène chez les rongeurs de ces substances ;
- le fait qu'il n'est pas possible de fixer une valeur seuil en deçà de laquelle ces substances ne présentent pas de risque pour le consommateur ;
- l'exposition possible des travailleurs par voie dermique ou par inhalation.

En conséquence, ces deux règlements entraînent la suppression dans les Etats membres de la virginiamycine, de la tylosine, de la spiramycine et de la bacitracine à partir du 1er janvier 1999, avec un réexamen prévu avant le 31 décembre 2000 et une dérogation jusqu'au 30 juin 1999. De même, le carbadox et l'olaquinox sont interdits, définitivement, à partir du 1er janvier 1999, avec une dérogation jusqu'au 31 août 1999.

Les facteurs de croissance antibiotiques qui restent à présent autorisés comme additifs dans l'alimentation porcine sont donc l'avilamycine, le flavophospholipol et la salinomycine. L'antagonisme entre la salinomycine et la tiamuline, fréquemment employée en élevage porcin, est un élément à prendre en compte, sous risque d'accidents toxiques.

4.3. Conséquences d'un bannissement

L'exemple suédois apporte quelques informations vis-à-vis des conséquences prévisibles d'un bannissement des facteurs de croissance antibiotiques. Après dix années de bannissement, le niveau de productivité, s'il semble rattrapé pour la plupart des productions par l'amélioration notamment des techniques d'élevage, ne l'est toujours pas pour le porcelet (- 2 %). L'utilisation globale d'antibiotiques en Suède a été en baisse (de 25 tonnes) en 1986, puis en hausse (de 30 tonnes entre 1988 et 1994), puis à nouveau en baisse depuis cette date (Mudd et al., 1999 ; Weirup, 1997). L'interdiction des facteurs de croissance antibiotiques a notamment entraîné en élevage porcin une recrudescence des diarrhées en post-sevrage. Une utilisation importante de certains antibiotiques à titre curatif a été notée ainsi que l'utilisation, depuis quelques années, de l'oxyde de zinc à visée antibactérienne. Cette addition de l'oxyde de zinc ne va pas sans poser quelques problèmes. Cette addition s'est faite, en effet, à des doses très élevées (2000 ppm), non conformes à la réglementation

communautaire (250 ppm), sans oublier les problèmes environnementaux liés à l'apport massif de zinc, et au cadmium qui l'accompagne.

La possibilité suédoise d'utiliser de l'oxyde de zinc à haute dose était autorisée à la suite d'une décision datant de 1992. Il y a été mis fin par le texte SJVFS 1997:107 du 11 novembre 1997, publié par le SJV (Statens Jordbruksverket) qui est la Direction de l'Agriculture du Ministère Suédois de l'Agriculture, et intitulé "Changement de la réglementation édictée par Statens Jordbruksverket sur l'alimentation animale". Il y est fait référence aux directives 87/153/CEE et 95/11/CE et il y est explicitement indiqué que "pour être considéré comme additif dans l'alimentation animale, les traces de zinc ne doivent pas dépasser 250 mg/kg d'aliment complet". Cette réglementation est entrée en vigueur le 1^{er} janvier 1998. Le zinc et ses oxydes à forte dose ne sont donc plus autorisés librement dans l'alimentation animale.

En pratique, si l'administration de zinc à haute dose comme additif dans l'alimentation animale n'est plus possible, elle reste toujours autorisée sur prescription vétérinaire, de même que pour l'usage d'antibiotiques à titre thérapeutique. Le fait d'exiger une prescription contribue à limiter l'usage du zinc.

Les conséquences prévisibles d'un arrêt de l'utilisation des facteurs de croissance antibiotiques dans l'alimentation animale sont d'ordre sanitaire, zootechnique et économique.

En effet, un arrêt brutal risque d'entraîner, comme ce fut le cas en Suède, une recrudescence des pathologies, notamment des diarrhées au sevrage, ceci est d'autant plus probable pour les élevages ayant un statut sanitaire médiocre.

De plus, une suspension des additifs antibiotiques risque fort d'avoir des conséquences sur les performances zootechniques des élevages. Leur dégradation risque d'entraîner des problèmes de surcharge des élevages, sans parler des conséquences écologiques, avec une augmentation des rejets azotés associée à une baisse de l'efficacité alimentaire.

Sur le plan économique, les éleveurs et les consommateurs sont concernés, puisqu'une baisse des revenus des éleveurs est prévisible ainsi qu'une augmentation du coût des viandes.

D'autres conséquences sont envisagées (National Research Council, 1999) comme l'augmentation des coûts liés aux frais vétérinaires, une modification des modes d'élevages (avec extension), les répercussions industrielles dans les firmes productrices d'additifs (les additifs antibiotiques représentaient environ 15 % de la consommation d'antibiotiques en Europe, les consommations correspondant aux utilisations en médecine vétérinaire et humaine étant respectivement de 33 % et 52 %) ainsi qu'un risque de voir apparaître l'administration illégale d'antibiotiques dans l'aliment ou dans l'eau de boisson.

Dans son rapport annuel de 1999, le National Committee of Pig Production du Danemark annonçait une réduction de 54 % de la consommation de facteurs de croissance antibiotiques entre 1998 et 1999, due à l'arrêt de l'utilisation de ces substances en engraissement. Dans leur rapport de 2000, les danois mentionnent que l'abolition des facteurs de croissance n'a pas été sans poser de problèmes dans certains élevages avec notamment une diminution des performances et une augmentation de la mortalité en post-sevrage.

5. Alternatives à l'utilisation de facteurs de croissance

Si les facteurs de croissance antibiotiques rendent de grands services à l'élevage en améliorant la croissance, la qualité des productions, la santé animale et l'hygiène publique, il est nécessaire de prendre également en compte les critiques dont ils font l'objet et les restrictions d'emploi qui sont imposées. Aussi, afin de maintenir les avantages obtenus par les facteurs de croissance antibiotiques, il importe de disposer d'additifs de substitution.

Ces nouveaux additifs sont d'origine variée et interviennent au niveau du tube digestif en renforçant la digestion et en améliorant l'hygiène digestive. Mieux acceptés par le consommateur, ils ont en revanche une efficacité plus inégale et plus aléatoire. Pour être retenus, ils doivent pouvoir faire preuve d'innocuité, d'efficacité et de rentabilité.

5.1. Les acidifiants

5.1.1. Nature et mode d'action

Une supplémentation alimentaire en acides organiques chez le porcelet en période de sevrage pourrait être bénéfique. Il semblerait en effet qu'à cette période, la sécrétion gastrique soit encore insuffisante pour acidifier le contenu stomacal et ceci d'autant plus que le pouvoir tampon de l'aliment est important. L'acidification stomacale entraîne une activation enzymatique qui améliore la dégradation des protéines au niveau stomacal et entraîne donc une meilleure digestion intestinale ainsi qu'une prolifération de la flore acidophile, à base de lactobacilles, bénéfique avec une inhibition associée de la prolifération de bactéries prédatrices.

La supplémentation en acides organiques permet une amélioration potentielle de la digestibilité iléale, avec amélioration de l'efficacité alimentaire et de la vitesse de croissance. Les acides les plus étudiés sont les acides lactique, fumarique, maltique, citrique et formique à des doses de l'ordre de 1 à 2 %.

Les acides minéraux, comme l'acide phosphorique, font l'objet d'un intérêt plus discuté, ils présentent en effet l'inconvénient d'une trop grande causticité, d'une action trop brutale et trop fugace.

Les acides gras volatils (acétique, propionique, butyrique) peuvent également contribuer à une acidification des segments antérieurs du tube digestif.

5.1.2. Aspects réglementaires

Les acides sont autorisés comme additifs (directive 70/524/CEE) en tant qu'agents conservateurs (catégorie G). A ce titre, ils doivent faire preuve d'innocuité et d'efficacité, mais uniquement en mettant en avant leurs propriétés conservatrices. Leurs propriétés supplémentaires, et notamment comme facteur d'amélioration de l'efficacité alimentaire, ne sont pas mentionnées. Pour pouvoir revendiquer ces propriétés, ces produits devraient faire l'objet d'un dossier coûteux et d'une procédure relativement longue afin de figurer sur la liste positive. Pour la plupart des agents conservateurs, aucune mention de teneurs, minimale ou maximale, n'est formulée dans la directive 70/524/CEE.

5.2. Les enzymes

5.2.1. Nature et mode d'action

L'adjonction d'enzymes dans la ration peut se justifier pour pallier le déficit enzymatique chez le porcelet au moment du sevrage ou pour valoriser les constituants alimentaires vis-à-vis desquels l'animal dispose d'un équipement enzymatique insuffisant. Cette adjonction est rendue possible grâce à la disposition d'enzymes d'origine bactérienne ou fongique, de composition et de valeur enzymatique correctement déterminées.

Les principales enzymes actuellement sur le marché sont la phytase et les hémicellulases.

La phytase conditionne la bonne digestibilité du phosphore phytique contenu dans les céréales, graines et tourteaux. Elle permet d'abaisser les apports alimentaires en phosphore et de réduire la pollution de l'environnement par le phosphore. Elle permet également l'amélioration de la disponibilité de divers oligo-éléments.

Les hémicellulases (b-glucanases, xylanases, pectinases) sont produites par *Bacillus subtilis* et *Aspergillus niger*. Elles inhibent l'effet anti-digestif de polysaccharides non amylacés viscosogènes tels que les b-glucanes, les xylanes, les arabinoxanes ou galactomannanes. Ces polysaccharides ne sont pas éliminés par les opérations de décorticage ou blutage et, au niveau de l'intestin, en raison de leur propriété de gélification, ils ralentissent le transit. La présence de ces polysaccharides entraînerait ainsi une diminution de la consommation alimentaire avec baisse des performances zootechniques, mais troublerait également les phénomènes digestifs en entravant la mobilité au niveau intestinal et donc la mise en contact entre les enzymes et leur substrat. Ils facilitent également la prolifération d'une flore prédatrice qui entraîne une diminution de l'efficacité alimentaire.

La supplémentation en enzymes peut donc se révéler utile. Pour être efficace, il est nécessaire de s'assurer du maintien de l'activité enzymatique au niveau de l'aliment, compte tenu de la susceptibilité physico-chimique et notamment thermique des enzymes, ainsi que de la résistance des enzymes au passage dans l'estomac.

5.2.2. Aspects réglementaires

Les enzymes utilisées comme additifs appartiennent à la catégorie N de la directive 70/524. De nombreuses autorisations provisoires sont mentionnées dans le règlement 2697/2000.

5.3. Les micro-organismes

5.3.1. Nature et mode d'action (Wolter, 1995)

Les probiotiques peuvent avoir deux origines, l'une bactérienne, l'autre fongique (levures).

Les probiotiques bactériens sont des germes homologues à ceux du yaourt, vivants, sélectionnés, utilisés à haute dose (de l'ordre de 10^6 par gramme d'aliment), en continu dans la ration, en vue de renforcer la digestion enzymatique, l'hygiène digestive et l'immunité locale.

Le plus souvent, il s'agit de *Lactobacillus* (*acidophilus*, *bifidus*, *bulgaricus*, *casei*,...), de *Enterococcus faecium* ou de *Bacillus cereus* ou *subtilis*. Ces germes sont utilisés sous forme de culture pure ou associés avec des levures vivantes (probiotiques fongiques). On estime gé-

néralement que les probiotiques ne font que passer dans le tube digestif, sans réelle implantation, ce qui justifie la nécessité d'un apport toujours renouvelé comme additif alimentaire. Les germes sélectionnés pour des applications intéressantes en élevage doivent être faciles à cultiver, résistants à la concentration et à la déshydratation et se conserver correctement dans l'aliment. Ils doivent pouvoir atteindre la microflore digestive sans être détruits par l'acidité gastrique ou la bile. De plus, ils doivent faire preuve d'innocuité et d'efficacité dans des conditions normales d'élevage.

Le mode d'action des probiotiques bactériens passe par :

- l'augmentation des activités enzymatiques, soit par stimulation de l'activité enzymatique endogène, soit par l'apport direct d'enzymes telles que les protéases, amylases et lactases ;
- une action inhibitrice des germes prédateurs ou pathogènes (colibacilles, salmonelles,...) par élévation du rapport lactobacilles/colibacilles (comme on le constate également lors de l'antibiosupplémentation), par un pouvoir acidifiant qui induit une fermentation lactique et par les propriétés antibiotiques de l'acidophiline, sécrétée par les lactobacilles et antagoniste des entérobactéries ;
- la stimulation de l'immunité intestinale qui permet de mieux combattre la prolifération, l'adhésion et l'expression du pouvoir pathogène des germes nocifs ;
- un renforcement de l'immunité générale, activée par des composants de la paroi des lactobacilles, qui permet une meilleure résistance aux diverses infections, intestinales, pulmonaires ou autres.

Les probiotiques fongiques sont des levures vivantes (*Saccharomyces cerevisiae* et *boulardii*). Ces levures ont un mode d'action assez similaire aux probiotiques bactériens auxquels elles peuvent être associées.

Les effets des probiotiques sont plus marqués chez les jeunes sujets, surtout lors du sevrage, ou à l'occasion de tout stress. Malgré tout, les résultats restent souvent aléatoires et difficilement reproductibles. Les différents facteurs de variations (souches de probiotique, nature de la ration, type d'animaux et conditions d'élevage) sont importants à considérer pour juger de l'efficacité.

5.3.2. Aspects réglementaires

Les micro-organismes utilisés comme additifs appartiennent à la catégorie O de la directive 70/524. De nombreuses autorisations provisoires sont mentionnées dans le règlement 2697/2000.

5.4. Les argiles

5.4.1. Nature et mode d'action

Les argiles sont des silicates d'alumine avec des propriétés d'imbibition, d'adsorption ou d'échanges d'ions variables parmi lesquels on trouve les kaolinites, bentonites, sépiolites, zéolites et aluminosilicates. Ce sont des agents fluidifiants et antimottants dans les farines ou liants pour améliorer la tenue des granulés.

Certaines argiles sont également recommandées pour leurs propriétés prodigestives, avec augmentation de l'efficacité alimentaire et de l'hygiène digestive. Ces propriétés sont dues au ralentissement du transit digestif qui permet un accroissement de la digestibilité de la ration, à leur rôle de pansement digestif particulièrement intéressant en cas d'inflammation

intestinale, à leur pouvoir de rétention de l'eau qui facilite l'exonération intestinale et à leur pouvoir antitoxique qui s'exerce par absorption de multiples substances néfastes dans l'intestin (ammoniac, amines biogènes, mycotoxines, endotoxines...) et qui entraîne non seulement une meilleure hygiène intestinale mais également une réduction des odeurs émises et, indirectement, par réduction des taux d'ammoniac produit, une diminution des troubles respiratoires dus aux agents irritants.

5.4.2. Aspects réglementaires

Les argiles sont mentionnées au niveau de la directive 70/524/CEE en tant qu'agents liants, antimottants et coagulants (catégorie L), elles sont donc uniquement autorisées en alimentation animale en tant qu'additifs technologiques, à ce titre, aucune teneur minimale n'est mentionnée et pour la plupart d'entre elles, aucune teneur maximale non plus.

5.5. Les oligo-saccharides

5.5.1. Nature et mode d'action

Les oligo-saccharides sont des constituants naturels des plantes, mais peuvent également être élaborés par des procédés industriels. Les oligo-saccharides les plus connus sont les FOS (fructo-oligo-saccharides), mais d'autres oligo-saccharides peuvent également présenter un intérêt, notamment les MOS (manno-oligo-saccharides) et les GOS (galacto-oligo-saccharides).

Les fructo-oligo-saccharides (FOS) sont des glucides à courte chaîne, résistants aux enzymes et biodégradables dans la partie distale du tube digestif. Ils activent préférentiellement la multiplication intestinale des lactobacilles et de *Bifidobacterium*. Il en découle un effet probiotique spécifique avec amélioration de la digestion, inhibition des germes putréfiants et réduction de la résorption de catabolites toxiques. Ceci se concrétiserait par une amélioration de l'efficacité alimentaire, une réduction des diarrhées, des coliques et des auto-intoxications, avec une diminution de la contamination salmonellique.

Longtemps considérés comme de simples formes de stockage d'énergie des végétaux, les oligo-saccharides ont vu récemment leurs implications en alimentation animale croître en relation avec les progrès effectués en microbiologie. Parmi la liste des oligo-saccharides, les fructo-oligosaccharides (FOS), sont les plus utilisés. Ce sont des produits issus de composés naturels et composés de glucose et fructose. Ces motifs fructosyl sont reliés par des liaisons $\beta(2-1)$ résistant à l'hydrolyse acide et enzymatique dans le tractus supérieur des monogastriques. Les FOS parviennent ainsi intacts au niveau intestinal, où ils sont métabolisés par des espèces bactériennes anaérobies. Ils constituent des substrats préférentiels pour des espèces du genre *Bifidobacterium* mais aussi *Bacillus* et *Bacteroides*. En revanche, les genres *Clostridium*, *Eubacterium*, *Fusobacterium*, *Streptococcus*, *Citrobacter*, *Escherichia coli* et *Salmonella* sont pratiquement incapables de métaboliser les FOS à courtes chaînes.

Les modifications de la flore intestinale consécutives à la supplémentation de la ration en oligo-saccharides vont dépendre des espèces bactériennes composant la flore intestinale initiale mais aussi de la nature et de la quantité d'oligo-saccharides administrés dans la ration.

Au sevrage, la flore intestinale est généralement dominée par *Bifidobacterium* et *Lactobacillus*. La supplémentation de la ration par des FOS a donc pour objectif d'atténuer les modifications intestinales chez le jeune animal en maintenant, pendant toute la période de stress que représente le sevrage, une flore à dominante de *Lactobacillus* et *Bifidobacterium*.

L'administration de FOS permet également le renforcement de la flore de barrière. Cet effet "flore de barrière", inexistant à la naissance, se met en place lors de l'installation progressive de bactéries pour l'essentiel anaérobies strictes. Ce système protège activement l'animal contre une prolifération de bactéries hautement pathogènes.

Les *Bifidobacterium*, *Bactéroïdes* et *Lactobacillus* sont, au sein de la flore dominante, les bactéries les plus sensibles aux ruptures d'équilibre liées aux phases d'élevage et notamment aux modifications de régime alimentaire. Ainsi, la supplémentation continue de la ration par des FOS contribue à minimiser les problèmes de dysmicrobisme lors des épisodes de stress et réduit le risque de développement de bactéries pathogènes dans des niches écologiques disponibles. Les FOS favorisent simultanément la production d'acides gras volatils, qui créent un environnement défavorable pour le développement de bactéries non acidophiles.

5.5.2. Aspects réglementaires

Les oligo-saccharides ne sont pas des additifs mais sont considérés comme ingrédients. Ils répondent donc, au niveau de la législation européenne, à la réglementation sur les matières premières pour aliments des animaux.

5.6. Cuivre et zinc

5.6.1. Nature et mode d'action (Cromwell, 1991, 1997 ; Cromwell et al., 1989, 1998)

Le cuivre est un oligo-élément essentiel, indispensable à la synthèse de l'hémoglobine et cofacteur de nombreuses enzymes d'oxydation. Son niveau d'exigence est toutefois réduit, inférieur à 10 ppm. Le risque carenciel est donc quasiment limité au porcelet nouveau-né et en début de croissance, du fait de la pauvreté du lait maternel, surtout si la truie a reçu une ration déficiente.

Le cuivre peut être utilisé comme additif sous diverses formes (sulfate, oxyde, chlorure...), mais c'est essentiellement sous forme de sulfate qu'il est utilisé comme facteur de croissance chez le porc à des doses de 100 à 200 ppm. Son activité est indépendante des autres facteurs de croissance et s'additionne notamment à l'activité des facteurs de croissance antibiotiques.

Son mode d'action reste obscur. L'efficacité du cuivre fut attribuée initialement à un effet anti infectieux. Cependant, une corrélation existe entre l'efficacité et la biodisponibilité et il semblerait préférable de privilégier un effet systémique par activation enzymatique (lipase digestive, phospholipase A) qui permettrait une amélioration de la digestibilité des lipides.

Les risques toxiques liés à l'ingestion du cuivre sont limités, le porc présente une bonne tolérance (250 ppm) et les phénomènes d'accumulation hépatique sont limités par une élimination régulière par la bile. Les risques les plus importants sont liés à l'épandage des lisiers avec une accumulation du cuivre dans les fourrages, qui présente un risque de toxicité pour les ovins, malgré sa faible biodisponibilité, mais surtout un effet phytotoxique du cuivre dans les sols à long terme. Coppenet et al. (1993) rapportent une augmentation de la teneur des sols en cuivre dans le Finistère de 3,82 ppm en 1973 à 7,10 ppm en 1988, sachant que pour ce type de sols, des phénomènes de toxicité sont à craindre pour des teneurs supérieures à 120 ppm.

Le zinc est également un oligo-élément essentiel, puisqu'il est indispensable à l'activité d'enzymes participant au métabolisme des protéines, des lipides, des glucides, des minéraux et de l'insuline. Son niveau d'exigence est de l'ordre de 100 ppm, donc significativement plus élevé que celui du cuivre.

Contrairement au cuivre, le risque de carence en zinc est non négligeable. En effet la plupart des aliments sont généralement pauvres en cet élément et de plus la présence de nombreuses interférences alimentaires avec les phytates ou le calcium contribue à l'augmentation de ce risque.

La biodisponibilité du zinc est généralement élevée pour les sulfates, carbonates et chlorures ainsi que pour les complexes organiques, elle est par contre moins élevée pour les oxydes et sulfures.

Le zinc présente également une propriété anti-diarrhéique chez le porcelet en post-sevrage à des doses d'environ 2000 à 3000 ppm pendant 2 à 3 semaines. L'effet bénéfique observé se traduit, mais pas systématiquement, par une réduction de l'incidence et de la gravité des diarrhées et une amélioration des performances.

L'ingestion de zinc présente un risque toxique pour les animaux au delà de 4000 ppm, avec une chute de l'appétit et de la croissance. Néanmoins, les porcs présentent une bonne tolérance (400 ppm pendant 2 semaines) et le retour à la normale s'effectue rapidement en raison d'une élimination biliaire rapide. Là aussi, le risque toxique le plus préoccupant concerne l'environnement, avec l'épandage des lisiers. Coppenet et al. (1993), dans la même étude, rapportent une augmentation de la teneur des sols en zinc de 3,19 ppm en 1973 à 8,76 ppm en 1988. Les phénomènes de phyto-toxicité apparaissent pour des teneurs supérieures à 120 ppm.

5.6.2. Aspects réglementaires

Le zinc et le cuivre sont autorisés comme additifs dans l'alimentation des porcs sous diverses formes avec une concentration maximale autorisée dans l'aliment qui prend en compte toutes ces formes (directive 70/524/CEE).

Pour le cuivre les teneurs autorisées sont les suivantes :

- Porcs à l'engrais
 - jusqu'à 16 semaines : 175 ppm (au total)
 - de la 17^{ème} semaine à 6 mois : 100 ppm (au total)
 - de 6 mois à l'abattage : 35 ppm (au total)
- Porcs reproducteurs : 35 ppm (au total)

En ce qui concerne le zinc, au sein de l'Union européenne, la concentration maximale autorisée dans l'aliment est de 250 ppm (au total) ne permet pas l'exploitation de ses propriétés anti-diarrhéiques, seule la Suède a bénéficié de 1992 à 1998 d'une autorisation d'emploi à des doses plus élevées sur des périodes limitées.

5.7. Extraits végétaux

5.7.1. Nature et mode d'action

Les végétaux et leurs huiles essentielles ont depuis longtemps été utilisées pour leurs vertus thérapeutiques et notamment antimicrobiennes. Délaissés en alimentation animale, ils regagnent un certain intérêt maintenant que l'usage des facteurs de croissance antibiotique est restreint. Les vertus les plus souvent reconnues de certains extraits végétaux sont leurs propriétés anti-microbienne et anti-oxydante, même si les supports de ces activités demeurent encore souvent partiellement identifiés. En revanche, certains principes actifs, tels le thymol ou le menthol, sont bien connus. Néanmoins, l'utilisation d'extraits végétaux comme alternative aux antibiotiques facteurs de croissance présente un réel intérêt sinon zootechnique, du moins comme image de marque. Le tableau 3 récapitule les principales plantes et leurs propriétés majeures.

Tableau 3 - Propriétés de différents extraits végétaux

Végétal	Partie employée	Propriétés
Ail	Bulbe	Antiseptique - Stimulant digestif
Anis	Fruit	Stimulant digestif
Cannelle	Ecorce	Antiseptique - Orexigène - Stimulant digestif
Cardamome	Graine	Orexigène - Stimulant digestif
Céleri	Fruit - Feuille	Orexigène - Stimulant digestif
Clou de girofle	Bouton floral	Antiseptique - Orexigène - Stimulant digestif
Coriandre	Feuille -Graine	Stimulant digestif
Cumin	Graine	Stimulant digestif - Dépuratif
Fenugreek	Graine	Orexigène
Gingembre	Rhizome	Stimulant gastrique
Laurier	Feuille	Antiseptique - Orexigène - Stimulant digestif
Menthe poivrée	Feuille	Antiseptique - Orexigène - Stimulant digestif
Moutarde	Graine	Stimulant digestif
Muscade	Graine	Antidiarrhéique - Stimulant digestif
Persil	Feuille	Antiseptique - Orexigène - Stimulant digestif
Piment	Fruit	Antidiarrhéique - Antiinflammatoire - Tonique
Poivre	Fruit	Stimulant digestif
Raifort	Racine	Orexigène
Romarin	Feuille	Antiseptique - Antioxydant - Stimulant digestif
Sauge	Feuille	Antiseptique - Stimulant digestif - Dépuratif
Thym	Plante	Antiseptique - Antioxydant - Stimulant digestif

5.7.2. Aspects réglementaires

Les huiles essentielles et extraits végétaux utilisés comme additifs dans l'alimentation des animaux appartiennent à la catégorie C (Substances aromatiques et apéritives). Aucune teneur minimale ou maximale n'est mentionnée pour les produits naturels ou pour les produits synthétiques qui y correspondent.

5.8. Alternatives thérapeutiques

Si les instances européennes ont pris des décisions visant à amenuiser l'utilisation des facteurs de croissance antibiotiques dans l'alimentation animale, le recours aux aliments médicamenteux, quant à lui, reste toujours envisageable, sur prescription vétérinaire et pour des périodes de traitement limitées. Certaines molécules, comme la tylosine, à présent interdite

en tant qu'additif dans l'alimentation animale, restent toujours autorisées comme composant d'un aliment médicamenteux.

5.8.1. Intérêts et limites

Le recours à une prescription vétérinaire peut sembler, a priori, être une solution de facilité. Néanmoins, l'administration d'aliment médicamenteux est déjà une pratique courante en élevage porcin au cours des périodes de transition, et particulièrement en premier âge.

Les principales molécules administrées appartiennent à la plupart des familles antibiotiques et se caractérisent par un spectre d'action assez large, permettant la prévention des principales affections respiratoires et digestives. L'antibiotique le plus fréquemment administré dans les aliments médicamenteux est de loin la colistine, on retrouve ensuite les tétracyclines, l'association sulfamides-triméthoprime, la tylosine, puis plus rarement d'autres molécules comme la lincomycine, la tiamuline, l'apramycine, la spectinomycine ou l'amoxicilline.

Outre les antibactériens, ces aliments médicamenteux contiennent fréquemment un antiparasitaire et, lorsqu'ils étaient encore autorisés, un facteur de croissance sensu stricto, le plus souvent l'olaquinox.

L'intérêt majeur que représente le recours à un traitement par aliment médicamenteux reste bien sûr la possibilité de prévenir ou de traiter tout phénomène pathologique susceptible de survenir aux périodes de transition.

Néanmoins, ce recours risque d'être préjudiciable s'il est systématique. Un traitement doit rester un événement ponctuel et motivé, avec le jugement avisé d'un vétérinaire. Il est d'ailleurs rappelé dans les principes de base sur l'usage prudent des antibiotiques que "*les antibiotiques constituent un complément aux bonnes pratiques d'élevage, et ne doivent en aucun cas être utilisés pour compenser ou masquer de mauvaises pratiques d'élevage ou vétérinaires*" (Document AMV/FIPA/COMISA, 1999). Aussi, pour éviter le plus possible le recours aux traitements antibiotiques, différentes recommandations sont effectuées afin d'améliorer la conduite d'élevage.

Une stratégie de lutte préventive, bâtie sur l'inventaire des facteurs de risques, permet de réduire le recours à un traitement médicamenteux. Une fois les facteurs de risque évalués, l'éleveur, en collaboration avec son encadrement technique et vétérinaire, cherchera à approfondir certains points afin de minimiser le risque.

Les principaux risques nuisibles à l'obtention d'un élevage en bonne santé et plus performant sont regroupés selon six variables :

- l'habitat,
- les animaux,
- l'alimentation et l'abreuvement,
- le microbisme,
- la conduite d'élevage,
- l'éleveur.

Pour chacune de ces variables, divers critères sont sélectionnés, avec pour chacun de ces critères, un objectif fixé et une appréciation de la situation effective. Selon l'inadéquation entre l'objectif et la situation effective, une notation est appliquée à chaque critère. Ceci permet, pour chaque variable, l'obtention d'une note globale.

Ce système permet une approche de la situation sanitaire globale de l'élevage avec visualisation des principaux facteurs de risques au sein de l'élevage par la réalisation d'un "profil d'élevage".

5.8.2. Aspects réglementaires

L'article L.511 du Code de la Santé Publique (CSP) donne comme définition du médicament vétérinaire : "*Toute substance présentée comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies animales, ainsi que tout produit pouvant être administré à l'animal, en vue d'établir un diagnostic médical ou de restaurer, corriger, ou modifier leurs fonctions organiques*".

Sont donc considérés comme médicaments les pré-mélanges médicamenteux et les produits d'hygiène contenant une substance à action thérapeutique ou des substances vénéneuses. En revanche, les produits utilisés pour la désinfection des locaux ne sont pas considérés comme des médicaments.

Le Code de la Santé Publique précise également que "*la délivrance des médicaments vétérinaires est subordonnée à la rédaction d'une ordonnance qui sera obligatoirement remise à l'utilisateur*" (Article L.611) et que "*les groupements reconnus de producteurs et les groupements professionnels agricoles dont l'action concourt à l'organisation de la production animale... peuvent, s'ils sont agréés par arrêté du Ministère de l'Agriculture, acheter..., détenir et délivrer à leurs membres, pour l'exercice exclusif de leur activité, les médicaments vétérinaires*" (Article L.612). "*Exceptés ceux pour lesquels il existe des dispositions particulières : vaccins, oestrogènes, substances toxiques et vénéneuses, produits susceptibles de demeurer à l'état de résidus toxiques ou dangereux dans les denrées alimentaires d'origine animale, les produits susceptibles de contrevenir à la législation sur les fraudes, les produits susceptibles d'entraver le contrôle sanitaire des denrées*" (Article L.617-6).

Ainsi, seuls sont habilités à délivrer des médicaments vétérinaires : les docteurs vétérinaires, les pharmaciens et les groupements agréés.

Dans tous les cas, une ordonnance vétérinaire est nécessaire pour la délivrance du médicament et doit être conservée pendant le traitement et durant le temps d'attente à respecter après le traitement. Ce temps d'attente doit figurer sur l'ordonnance.

Récemment, la Loi d'orientation agricole 99-574 du 9 juillet 1999 apporte quelques ajouts. L'article 97 précise notamment que "*tout propriétaire ou détenteur d'animaux appartenant à des espèces dont la chair ou les produits doivent être cédés en vue de la consommation doit tenir un registre d'élevage conservé sur place et régulièrement mis à jour sur lequel il recense chronologiquement les données sanitaires, zootechniques et médicales relatives aux animaux élevés. Tout vétérinaire mentionne sur ce registre les éléments relatifs à ses interventions dans l'élevage... La durée minimale pendant laquelle les ordonnances doivent être conservées est fixée par arrêté du ministre de l'agriculture.*" Le délai de conservation mentionné dans la directive 96/23/CE, dont cette nouvelle Loi participe à la transposition, est de 5 ans. L'arrêté ministériel du 5 juin 2000, relatif au registre d'élevage, confirme ces mesures et décrit leur mise en oeuvre.

Conclusion

L'utilisation des antibiotiques facteurs de croissance est belle et bien réduite actuellement. Rien ne permet de savoir si le bannissement partiel en vigueur actuellement dans l'Union européenne aboutira à un bannissement total ou à une réhabilitation. Au sein de ce débat se heurtent des arguments scientifiques mais aussi politiques auxquels vient s'ajouter l'opinion publique. Il apparaît désormais certain que l'arrêt de l'utilisation des facteurs de croissance dans l'alimentation animale n'est pas sans conséquence, la diminution des performances et l'augmentation de la mortalité sont là pour en attester. Reste à savoir si les alternatives aux facteurs de croissance sont à la hauteur de leurs prétentions, toujours est-il que ces solutions alternatives ont actuellement une chance d'être promues.

Quelle que soit l'alternative envisagée, et également en ce qui concerne les facteurs de croissance antibiotiques, l'action commune de ces additifs est digestive en favorisant une flore bénéfique et en limitant les proliférations indésirables.

L'autre point commun à tous ces additifs est qu'ils répondent tous à la réglementation européenne sur l'alimentation des animaux, que ce soit au niveau des additifs ou des matières premières, et que cette réglementation est particulièrement rigoureuse et très évolutive.

Le succès ou non des produits préconisés dans l'alimentation animale paraît conditionné non seulement par leur innocuité, garantie par les contraintes réglementaires, mais surtout par leur efficacité et leur rentabilité, les aspects zootechniques et économiques restent en effet les principaux facteurs limitants et c'est ce que nous étudierons dans la suite de cette étude.

Références bibliographiques

AMV/FIPA/COMISA, 1999.

Usage prudent des antibiotiques : principes de base.

BEZOEN A., VAN HAREN W. & HANEKAMP J.C., 1999.

Human health and antibiotic growth promoters (AGPs) : reassessing the risk. Heidelberg Appeal Nederland Foundation

BORIES G. ET LOUISOT P., 1998.

Rapport concernant l'utilisation d'antibiotiques comme facteurs de croissance en alimentation animale. Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation. 20 pp.

COPPENET M., GOLVEN J., SIMON J.C., LE CORRE L. ET LE ROY M., 1993.

Evolution chimique des sols en exploitations d'élevage intensif : exemple du Finistère. Agromonie, 13, 77-83.

CROMWELL G.L., STAHLY T.S., ET MONEGUE H.J., 1989.

Effects of source and level of copper on performance and liver copper stores in weanling pigs. Journal of Animal Science, 67, 2996-3002.

CROMWELL G.L., 1991.

Antimicrobial agents. In : E.R. Miller, D.E. Ullrey, and A.J. Lewis (Ed.) Swine Nutrition. pp 297-314. Butterworth-Heinemann, Stoneham, MA.

CROMWELL G.L., 1997.

Copper as a nutrient for animals. In : H.W. Richardson (Ed.) Handbook of Copper Compounds and Applications. pp 177-202. Marcel Dekker, Inc., New York.

CROMWELL G.L., LINDEMANN M.D., MONEGUE H.J., HALL D.D. ET ORR D.E., 1998.

Tribasic copper chloride and copper sulfate as copper sources for weaning pigs. Journal of Animal Science, 76, 118-123.

GUILLOT J.F. ET RUCKEBUSCH Y., 1994.

Microflore digestive des animaux. In "Bactéries lactiques", DE ROISSART H. & LUQUET F.M. (Eds.), Loriga, 343-367.

JOUGLAR J.Y., BEZILLE P. ET TOURNUT J., 1998.

Flore intestinale du porcelet de la naissance au post-sevrage. Action des additifs alimentaires. Association Française de Médecine Vétérinaire Porcine.

MUDD A.J., LAWRENCE K. ET WALTON J.R., 1999.

Animal usage of antimicrobials in Sweden 1986-1996. Kg active substance or potency ? The Pig Journal, 43, 165-169.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1999.

The use of drugs in food animals. Benefits and risks. CABI & National Academy Press

PUYT J.D., 1982.

Les facteurs de croissance en élevage porcin. Intérêt particulier de l'olaquinox. Document Bayer

RUGRAFF Y., 1998.

Les résidus dans la viande de porc. Rapport d'étude - ITP

THOMKE S. ET ELWINGER K., 1998a.

Growth promotants in feeding pigs and poultry. I - Growth and feed efficiency responses to antibiotic growth promotants. *Annales de Zootechnie*, 47 : 85-97.

THOMKE S. ET ELWINGER K., 1998b.

Growth promotants in feeding pigs and poultry. II - Mode of action of antibiotic growth promotants. *Annales de Zootechnie*, 47 : 153-167.

THOMKE S. ET ELWINGER K., 1998c.

Growth promotants in feeding pigs and poultry. III - Alternatives to antibiotic growth promotants. *Annales de Zootechnie*, 47 : 245-271.

TOURNUT J., 1994.

Perspectives de développement des probiotiques à base de bactéries lactiques. In "Bactéries lactiques", DE ROISSART H. & LUQUET F.M. (Eds.), Loriga, 471-488.

WEIRUP M., 1997.

World Health Organisation Conference, Berlin, 1997.

WOLTER R., 1995.

Alimentation animale et santé publique. Additifs sans résidus. "Probiotiques - Prébiotiques - Parabiotiques". Commission Internationale des Industries Agricoles et Alimentaires. *Annales du Symposium International*. 17-18 mai 1995. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.

Deuxième partie

Estimation de l'efficacité zootechnique des additifs

Objectifs

Les résultats disponibles concernant l'efficacité des additifs nutritionnels sont relativement nombreux, mais ne sont pas toujours concordants. Il apparaît généralement peu aisé d'en retirer une information argumentée.

L'objectif de cette synthèse est de recueillir les données concernant les performances des additifs et de les évaluer afin de déterminer des hypothèses d'efficacité des produits.

1. Matériels et méthodes

1.1. Produits étudiés

Les produits étudiés appartiennent à sept grandes catégories. Il s'agit tout d'abord **des facteurs de croissance antibiotiques et sensu stricto** autorisés en tant qu'additifs dans l'Union européenne avant les retraits intervenus en 1998-1999.

Six autres catégories de produits ont été étudiées : les **produits acidifiants**, les **préparations d'enzymes**, les **micro-organismes** (préparations de bactéries ou levures), les **argiles**, les **oligo-éléments** (cuivre et zinc), les **préparations à base de plantes** (arômes, huiles essentielles, oligo-saccharides, extraits végétaux). En raison d'un faible nombre de références disponibles, la catégorie oligo-saccharides présentée dans la partie 1 a été ici regroupée avec les extraits végétaux dans une catégorie préparations végétales.

Les législations française et européenne concernant certaines catégories, notamment les acidifiants, enzymes, micro-organismes, est actuellement transitoire. Aussi, nous n'avons pas sélectionné les produits sur la base de leur statut réglementaire. L'ensemble des produits ont été pris en compte pourvu qu'ils respectent les différentes conditions du bilan.

D'autres types de produits sont proposés comme alternative à l'utilisation des antibiotiques et des facteurs de croissance ou revendiquent un effet favorable sur les performances des animaux. Nous n'avons pas étudié l'efficacité de ces produits.

1.2. Etudes retenues

Les données que nous utilisons dans l'étude ont été obtenues à partir des publications scientifiques traitant de l'incidence de l'utilisation des additifs nutritionnels dans l'alimentation des porcs, sur les performances zootechniques.

Les références ont toutes été obtenues entre 1975 et 2001, principalement après 1980. Celles relatives aux produits antibiotiques et aux facteurs de croissance proviennent exclusivement des stations d'Universités et Instituts d'Europe occidentale (Union européenne, Suisse) afin que les conditions des différents essais restent relativement proches du niveau de performance européen.

Pour les six autres catégories de produits (acidifiants, enzymes, micro-organismes, argiles, cuivre et zinc, préparations à base de plantes), ces études proviennent en large majorité d'Europe. Des travaux des États Unis, du Canada, d'Australie, du Brésil ont également été pris en compte.

Les études retenues portent toutes sur les stades post-sevrage et engraissement. Le poids ou l'âge des animaux en début et fin d'essai sont connus. Le nombre minimal d'animaux par traitement est de 6 porcs.

Les protocoles expérimentaux correspondent à une supplémentation pour l'ensemble du stade, c'est à dire du sevrage au départ en engraissement pour le post-sevrage, et de l'arrivée en engraissement à l'abattage pour le stade engraissement. Dans certains cas, les résultats sont également disponibles en nombre suffisant pour les périodes 1er et/ou 2ème âge, croissance et/ou finition.

L'incidence d'une supplémentation en additifs de l'alimentation de la truie n'a pas été prise en compte dans cette étude.

Les études comparent les effets d'un ou plusieurs aliments supplémentés avec un additif par rapport à un témoin négatif sans additif.

Seuls les aliments supplémentés avec un seul produit ont été sélectionnés. Les résultats obtenus avec des associations, par exemple couplant le cuivre et un antibiotique ont été exclus.

Une table regroupant les comparaisons des différents lots expérimentaux des essais avec les lots témoins a été constituée pour chaque additif. Les performances zootechniques, en particulier le gain moyen quotidien (G.M.Q.) et l'indice de consommation (I.C.) ont été enregistrées.

D'autres paramètres sont évoqués par plusieurs auteurs, en particulier ceux liés à l'état sanitaire du troupeau et aux diarrhées. Cependant, la plupart des rapports ne traitent pas cet aspect, ce qui ne nous a pas permis de le prendre en compte ici.

1.3. Interprétation des résultats

L'unité d'observation correspond à une comparaison entre un groupe d'animaux ayant reçu le même traitement et le lot témoin négatif. Les variables étudiées sont les incidences en pourcentage du traitement sur le GMQ et l'IC moyens des deux lots au sein d'une comparaison.

Seule une analyse descriptive des données a été effectuée ici. L'incidence de chaque catégorie ou sous catégorie d'additif est évaluée grâce à la moyenne des pourcentages d'évolution des comparaisons intégrées dans la table et aux écarts types correspondants.

Par ailleurs, nous avons classé comme "positives" les comparaisons correspondant à un GMQ et un IC neutre ou amélioré, dont l'un d'au moins 1.5 %.

L'interprétation statistique était parfois absente des publications, notamment lorsqu'il s'agit de résumés. Lorsque l'analyse est disponible, nous disposons du nombre de comparaisons pour lesquelles l'amélioration est statistiquement significative.

Dans le cas des études réalisées au Danemark par le Landsudvalget for Svin (Danske Slagterier), l'appréciation d'une différence significative par rapport au lot témoin est seulement effectuée sur un index synthétique de valeur économique intégrant, outre la différence de performances, le coût et la rentabilité du produit d'élevage. Ce critère est celui retenu dans nos bilans.

2. Résultats

2.1. Incidence de l'utilisation des additifs antibiotiques et des facteurs de croissance

Depuis le début de leur emploi comme additifs dans les années 1960, un grand nombre d'expérimentations ont été réalisées sur l'utilisation nutritionnelle comme régulateurs de flore des antibiotiques et des facteurs de croissance sensu stricto. En outre, ces molécules ont souvent été utilisées comme témoin positif dans des études de solutions alternatives.

Les résultats de 30 rapports d'essais chez le porcelet ont permis de constituer une base de 50 comparaisons en post sevrage et 16 en phase 1^{er} âge, présentées dans le tableau 1 et les figures 1 à 3.

Chez le porc charcutier, 39 rapports ont permis de constituer une base de 72 comparaisons présentés dans le tableau 2 et les figures 4 à 5.

Tableau 1 - Estimation de l'incidence des additifs antibiotiques et facteurs de croissance sur les performances zootechniques en post sevrage

Catégorie des produits	Nombre de comparaisons			Incidence sur les performances techniques			
	total	posit. ^[1]	sign. ^[2]	GMQ (%)	écart-type	IC (%)	écart-type
Résultats post-sevrage							
Ensemble ^[3] des facteurs de croissance et antibiotiques autorisés avant 01.09.99 dont :	50	47	22/28	11.6	7.9	-6.5	4.6
– Additifs antibiotiques ^[4] avant 01.09.99	39	36	20/26	10.3	5.6	-6.5	4.9
– Facteurs de croissance ^[5] avant 01.09.99	11	11	2/2	16.1	12.1	-6.2	3.0
– Additifs antibiotiques ^[6] après 01.09.99	18	18	5/7	11.5	4.0	-6.1	3.9
Phase 1^{er} âge							
– Additifs antibiotiques ^{[4] [7]} avant 01.09.99	16	13	0/3	15.7	20.2	-7.7	15.2

[1] Posit. : nombre de comparaisons où l'IC et le GMQ sont neutres ou améliorés, dont l'un de plus de 1.5%.

[2] Sign. : nombre de comparaisons positives présentant une amélioration de l'IC ou du GMQ statistiquement positive (P<0.05)

[3] 10 molécules : avilamycine, avoparcine, bacitracine zinc, flavophospholipol, salinomycine, spiramycine, tylosine, virginiamycine, carbadox, olaquinox, utilisées aux doses autorisées dans l'UE et comprises entre 10 et 60 mg/kg ($\mu = 42$, n = 50) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 5.0 et 9.8 kg ($\mu = 7.0$, n = 33) et final entre 17 et 35 kg ($\mu = 23$, n = 34), ou d'âge équivalent

[4] 8 molécules : avilamycine, avoparcine, bacitracine zinc, flavophospholipol, salinomycine, spiramycine, tylosine, virginiamycine,

[5] 2 molécules : carbadox, olaquinox

[6] 3 molécules : avilamycine, flavophospholipol, salinomycine.

[7] résultats 1^{er} âge concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 5.0 et 7.5 kg ($\mu = 6.8$, n = 15) et final entre 8.5 et 16 kg ($\mu = 12$, n = 15), ou d'âge équivalent

L'utilisation des facteurs de croissance et antibiotiques se révèle favorable chez le porcelet. Sur 50 comparaisons entre lots témoin et expérimentaux répertoriées dans 30 études, 47 sont positives, c'est à dire correspondent à une amélioration du GMQ et de l'IC de plus de 1.5 %. En outre, dans 22 cas sur 28 où l'étude statistique est rapportée, l'effet positif est également démontré sur le plan statistique.

L'amélioration moyenne obtenue est de 11.6 % sur la vitesse de croissance et de 6.5 % sur l'indice de consommation, mais l'hétérogénéité est importante (écarts-types de 7.9 et 4.6 %)

Les 8 molécules antibiotiques autorisées jusqu'en 1999 conduisent à une amélioration des résultats zootechniques dans 36 cas sur 39 traitements. L'examen des résultats de chacune des molécules ne permet pas de les différencier entre elles. Les 3 molécules restant toujours autorisées actuellement présentent le même intérêt (positives dans 18 cas sur 18).

Les 2 molécules classées comme facteurs de croissance sensu stricto (carbadox et olaquinox) permettent d'obtenir en post-sevrage une amélioration des performances des porcelets dans 11 cas sur 11. Par contre, l'étude statistique est absente dans la plupart des cas. Il n'est donc pas possible de se prononcer sur le niveau de performances obtenu.

Tableau 2 - Estimation de l'incidence des additifs antibiotiques et facteurs de croissance sur les performances zootechniques en engraissement.

Catégorie des produits	Nombre de comparaisons			Incidence sur les performances techniques			
	total	posit ^[1]	sign. ^[2]	GMQ (%)	écart-type	IC (%)	écart-type
Additifs antibiotiques ^[3] autorisés avant 01.09.99	72	52	9/19	3.1	3.2	-2.5	3.5
Additifs antibiotiques ^[6] après 01.09.99	21	15	3/6	3.0	3.3	-2.1	3.8

[1][2] Voir tableau 1.

[3] 8 molécules : avilamycine, avoparcine, bacitracine zinc, flavophospholipol, salinomycine, spiramycine, tylosine, virginiamycine, utilisées aux doses autorisées dans l'UE et comprises entre 4 et 60 mg/kg en croissance ($\mu = 28$, $n = 66$) et entre 0 et 50 mg/kg en finition ($\mu = 19$, $n = 66$), concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 20 et 38 kg ($\mu = 27$, $n = 64$) et final entre 75 et 160 kg ($\mu = 101$, $n = 58$), ou d'âge équivalent.

[4] 3 molécules : avilamycine, flavophospholipol, salinomycine

Les additifs autorisés en alimentation porcine ont également un effet positif sur les performances d'engraissement. La supplémentation apparaît positive dans 52 cas sur 72 comparaisons avec les lots témoins.

Cependant cet effet apparaît moins élevé et moins significatif qu'en post-sevrage.

Parmi les 8 molécules, il n'apparaît pas de différence d'efficacité entre elles, et les 3 additifs toujours autorisés procurent des performances identiques à ceux qui ont été retirés.

Ce bilan favorable de l'incidence des additifs antibiotiques et des facteurs de croissance sur les performances zootechniques des porcelets et des porcs charcutiers dans les conditions européennes a été montré par de nombreuses études et synthèses précédentes (Cromwell, 1983 ; Aumaitre et Hautcolas, 1984 ; Pfirter, 1990 ; Thomke et Elwinger, 1998).

L'ITP (1992) évalue l'avantage procuré chez le jeune porcelet à 10% en GMQ et à 5 % en IC, avec des réponses parfois supérieures.

2.2. Incidence de l'utilisation des acidifiants

L'apport d'acidifiants dans l'alimentation, en particulier chez le porcelet lors du sevrage, aide à maintenir un pH relativement acide dans l'estomac et dans l'intestin grêle ce qui favorise l'activation des enzymes en charge de solubiliser les protéines, améliore la digestibilité des nutriments et permet de limiter le développement des bactéries (Easter, 1988 ; ITP, 1992).

De nombreuses expériences sur les porcs, en particulier en Europe (Allemagne, Danemark, ..), ont été menées avec des acides purs ou des produits contenant des acides et/ou des sels d'acides. Des produits commerciaux acidifiants élaborés à partir de plusieurs acides organiques, existent également sur le marché.

Nous avons sélectionné 57 rapports qui ont permis de constituer une table de 122 comparaisons correspondant à l'ensemble du post-sevrage et 77 au 1^{er} âge. 16 rapports chez le porc charcutier sont à l'origine d'un bilan de 35 comparaisons pour l'ensemble de la période d'engraissement (21 en croissance et 21 en finition). Les résultats sont présentés dans les tableaux 3 et 4, et les figures 6 à 10.

L'efficacité des acidifiants en alimentation des porcelets dépend de la formulation et des matières premières utilisées (nature et taux de protéines, taux minéral, présence ou non de produits lactés), de l'âge des animaux et de leur âge au sevrage, du type et du taux d'incorporation de l'acidifiant. La quantité consommée d'aliment sec, le niveau sanitaire, la présence de facteurs de croissance jouent également un rôle.

Ces facteurs de variation expliquent, outre les méthodes et les conditions expérimentales, la grande variabilité des réponses à un régime acidifié constatée au niveau des essais.

L'utilisation des acides minéraux se révèle moins favorable que celle des acides organiques. Leur emploi est donc limité.

Tableau 3 - Estimation de l'incidence des produits acidifiants en post-sevrage

Catégorie des produits	Nombre de comparaisons			Incidence sur les performances techniques			
	total	posit. ^[1]	sign. ^[2]	GMQ (%)	écart-type	IC (%)	écart-type
Résultats post-sevrage							
Acides minéraux ^[3]	6	3	1/6	-8.5	14.7	-0.2	4.5
Acides organiques ^[4] dont :	75	54	23/63	4.6	10.8	-3.3	7.4
- Monoacides ^[5]	42	30	14/38	5.5	9.8	-2.5	3.1
- Diacides ^[6]	24	22	7/16	5.7	5.6	-4.5	3.7
- Triacides ^[7]	9	2	2/9	-2.5	5.2	-3.9	2.8
Complexes acidifiants ^[8]	41	38	20/40	8.2	6.2	-3.0	2.1
Total acidifiants ^[9]	116	92	43/103	5.9	8.0	-3.2	3.0
Phase 1^{er} âge							
Total acidifiants ^{[10][9]}	77	56	26/49	11.7	17.8	-7.0	14.0

^{[1][2]} voir tableau 1

^[3] acides hydrochlorhydrique, ortho-phosphorique à des taux compris entre 0.9% et 3.6% ($\mu = 2.2$, $n = 6$) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 5.8 et 7.0 kg ($\mu = 6.5$, $n = 6$) et final de 25 kg ($n = 3$), ou d'âge équivalent.

^[4] acides organiques à des taux compris entre 0.3% et 4.5% ($\mu = 1.6$, $n = 73$) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 5.0 et 10.1 kg ($\mu = 7.4$, $n = 63$) et final entre 17 et 34 kg ($\mu = 22$, $n = 42$), ou d'âge équivalent.

^[5] acides formique, acétique, propionique, lactique, sorbique, benzoïque; sels formiate de calcium, sodium, propanediol, et propionate de calcium.

^[6] acides malique, fumarique

^[7] acides citrique, tartrique

^[8] produits Acid Lac, Aci Form, Aciprol Micropearls, Alimet, Bio Adc, Bio Pro, Bolifor FA 2000, Calprona P et PP6, Citromix, EuroAcid LFPA, Formi LHS, Fra-Acid, Greenacid LBF, Luctacid HC et piglet, Luprocid, Mastercid 90, Nutricid, Probioid, Sela-cid, utilisés à des taux compris entre 0.1% et 2.8% ($\mu = 0.8$, $n = 41$) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 6.4 et 10.1 kg ($\mu = 7.3$, $n = 39$) et final entre 20 et 30 kg ($\mu = 25$, $n = 39$), ou d'âge équivalent.

^[9] ensemble des acides et des complexes hors acides minéraux.

^[10] utilisation à des taux compris entre 0.1% et 3.0 % ($\mu = 1.2$, $n = 77$) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 3.1 et 8.6 kg ($\mu = 6.8$, $n = 69$) et final entre 8 et 16 kg ($\mu = 12$, $n = 69$), ou d'âge équivalent.

L'emploi des acides organiques utilisés seuls se révèle positif dans 54 des 75 traitements portant sur la totalité du post-sevrage et significatif pour 23 des 63 études statistiques disponibles. Les acides à trois groupements carboxyle ou triacides montrent un bilan négatif sur la vitesse de croissance ce qui n'est pas toujours confirmé par les résultats portant sur la phase de 1er ou 2ème âge.

Les complexes commerciaux comportant généralement plusieurs acides et un support de fixation améliorent l'efficacité observée avec les acides purs. 38 comparaisons sur 41 se montrent positives et 20 sur 40 significatives.

La fréquence de résultats positifs pour la phase 1er âge apparaît identique. Les comparaisons réalisées avec des acides purs ou des complexes sont positives dans 56 cas sur 77 en 1er âge (26 significatifs sur 49).

L'incidence des acidifiants a également été testée en engraissement, où elle reste moins répandue. Il est cependant connu que l'acidité supérieure des aliments à base de maïs humide, en relation avec la teneur en acide lactique, est généralement favorable chez les porcs charcutiers comme chez les porcelets (Castaing et al, 1988).

Tableau 4 - Estimation de l'incidence des produits acidifiants en engraissement

Catégorie des produits	Nombre de comparaisons			Incidence sur les performances techniques			
	total	posit. [1]	sign. [2]	GMO (%)	écart- type	IC (%)	écart- type
<i>Résultats engraissement</i>							
Total acidifiants dont:	35	20	11/19	2.7	3.2	-1.8	2.0
Acides organiques ^[3]	10	6	4/7	3.1	2.2	-1.9	1.7
Complexes acidifiants ^[4]	25	14	7/22	2.6	3.5	-1.7	2.2
<i>Résultats croissance</i> ^[5]							
	21	13	4/12	1.8	2.7	-1.5	2.8
<i>Résultats finition</i> ^[6]							
	21	12	1/12	1.6	2.9	-1.4	2.5

[1][2] voir tableau 1

[3] acides formique, fumarique, benzoïque, formiate de Ca à des taux compris entre 0.5% et 2.4% ($\mu = 1.3$, $n = 10$) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 18 et 30 kg ($\mu = 23$, $n = 10$) et final entre 95 et 107 kg ($\mu = 99$, $n = 7$), ou d'âge équivalent.

[4] produits :Acid Lac, Acid One, Bioacid, Bact-a-cid, Formi LHS, Fugeko, Genex, LA-Mix, Luprocid, Lupro-Mix NC, Vitacid et un mélange à base d'acide benzoïque à des taux compris entre 0.2% et 2.0% ($\mu = 0.8$, $n = 24$) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 25 et 33 kg ($\mu = 27$, $n = 25$) et final entre 75 et 110 kg ($\mu = 101$, $n = 22$), ou d'âge équivalent.

[5] acide formique, et complexes acidifiants à des taux compris entre 0.2% et 2.0% ($\mu = 0.8$, $n = 21$) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 22 et 33 kg ($\mu = 27$, $n = 21$) et final entre 42 et 65 kg ($\mu = 58$, $n = 21$).

[6] acide formique et complexes acidifiants à des taux compris entre 0.2% et 2.0% ($\mu = 0.8$, $n = 21$) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 42 et 65 kg ($\mu = 58$, $n = 21$) et final entre 93 et 110 kg ($\mu = 104$, $n = 21$).

La réponse zootechnique à l'emploi de produits acidifiants apparaît inférieure à celle du post sevrage, même si elle reste favorable dans une majorité de cas. Les résultats en croissance semblent identiques à ceux observés en finition.

Les résultats montrent un certain intérêt des acidifiants en alimentation des porcelets mais plus relatif chez les porcs charcutiers.

Ceci confirme les conclusions des auteurs danois d'une synthèse récente pour qui les acidifiants commerciaux apparaissent comme une alternative réaliste aux additifs antibiotiques et

facteurs de croissance. Les produits acidifiants seraient d'usage courant dans les régimes porcelets danois (Callesen et al, 1999).

2.3. Incidence de l'utilisation des enzymes

L'utilisation d'enzymes dans les aliments des animaux vise à renforcer la digestibilité des matières premières ou à combattre les effets négatifs de certains facteurs anti-nutritionnels. Leur action contribue à une augmentation de la valeur alimentaire des aliments et à une réduction des quantités d'éléments nutritionnels rejetés dans les déjections (Campbell et Bedford, 1992).

Les principaux avantages revendiqués par les enzymes portent sur une amélioration de la digestibilité des nutriments, une moindre fréquence et moindre gravité des diarrhées, une amélioration des performances zootechniques et la possibilité d'utilisation à des taux plus élevés de certaines matières premières (Vanbelle et al, 1990).

Les enzymes les plus utilisées sont les phytases pour leur capacité à améliorer la digestibilité du phosphore et à en diminuer les rejets (Latimier et al, 1994 ; Pointillard, 1994 ; Paboeuf et al, 1999). La plupart des études portant sur l'amélioration de la digestibilité du phosphore, il n'en sera donc pas traité ici.

Les enzymes présentées comme alternatives aux additifs antibiotiques sont le plus souvent des enzymes pariétales, cellulases et hémicellulases, dont l'action contribue à dégrader les constituants des parois végétales, en particulier des polysaccharides non amylacés (Vanbelle et al, 1990). D'autres enzymes apportent une aide à la digestion des amidons, des protéines, des lipides.

De nombreuses préparations commerciales sont proposées. Elles présentent une ou plusieurs activités enzymatiques et sont généralement proposées pour un stade physiologique et un régime particulier.

Nous disposons de 23 rapports d'essais pour le post sevrage et de 12 chez le porc charcutier permettant d'établir une table de 28 comparaisons pour la totalité du post sevrage et 21 comparaisons en engraissement. Les résultats sont repris dans les tableaux 5 et 6, et dans les figures 11 et 12.

Tableau 5 - Estimation de l'incidence des enzymes en post-sevrage

Catégorie des produits	Nombre de comparaisons			Incidence sur les performances techniques			
	total	posit. ^[1]	sign. ^[2]	GMQ (%)	écart-type	IC (%)	écart-type
Préparations enzymatiques ^[3] dont :	28	15	7/20	2.8	7.3	-1.8	3.6
- Hémicellulases ^[4]	5	5	3/3	7.6	11.5	-5.7	4.1
- Complexes enzymatiques ^[5]	22	9	4/16	1.6	5.5	-1.0	2.9

^{[1][2]} voir tableau 1

^[3] préparations à base d'enzymes hémicellulases et protéases et de complexes concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 6.2 et 10.3 kg ($\mu = 8.2$, $n = 24$) et final entre 17 et 30 kg ($\mu = 22$, $n = 23$), ou d'âge équivalent.

^[4] enzymes xylanases et mannanases

^[5] produits E1, E2 et E3 Finn feeds, Porzyme 8100, Porzyme 8300, Porzyme SP, Porzyme TP, Porzyme TP100, α -galactosidase 1000L, Roxazyme G, Novo, Novo DIF concept.

Les réponses observées sur les performances des porcelets pour l'ensemble du PS suite à l'incorporation d'enzymes sont très variables. Sur 28 comparaisons, 15 ont été positives (7 sur 20 significativement). L'incidence moyenne constatée est positive.

Chez le porc charcutier des écarts existent entre les niveaux de réponse. Dans certaines études l'emploi d'une enzyme a permis d'améliorer le GMQ et l'IC des animaux, alors que pour d'autres études la comparaison est sans effet. Globalement 14 comparaisons sur 21 sont positives, mais le niveau de signification statistique n'est atteint que pour 3 cas sur 11.

Tableau 6 - Estimation de l'incidence des enzymes en engraissement

Catégorie des produits	Nombre de comparaisons			Incidence sur les performances techniques			
	total	posit. [1]	sign. [2]	GMQ (%)	écart-type	IC (%)	écart-type
Préparations enzymatiques ^[3] dont :	21	14	3/11	3.4	4.0	-2.6	3.6
- Hémicellulases ^[4]	13	8	2/9	2.5	3.2	-2.3	4.0
- Complexes enzymatiques ^[5]	7	5	1/2	5.7	4.2	-3.5	2.6

[1] [2] voir tableau 1

[3] préparations à base d'enzymes hémicellulases, protéase, et de complexes concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 19 et 43 kg ($\mu = 25$, $n = 19$) et final entre 54 et 146 kg ($\mu = 98$, $n = 19$), ou d'âge équivalent.

[4] enzymes β -glucanases et/ou xylanases dont produits Porzyme, Porzyme 9300, ZY 28, Endofeed, GNC Bioferm.

[5] complexe amylase-hémicellulase et produits Porzyme, Rhozyme.

La variabilité des résultats répertoriés confirme celle indiquée par le comité porcin danois (Landsudvalget for svin, 1998) selon qui il faut s'attendre à la même variabilité dans les utilisations en élevage.

L'efficacité apparaît moindre chez le porc que chez les volailles mais peut se justifier chez le jeune porcelet dont les sécrétions enzymatiques sont insuffisantes (Campbell et Bedford, 1992). Dans une revue de plusieurs essais de supplémentation de régimes céréales/soja principalement en β -glucanase, Böhme (1997) relève que la consommation des porcs charcutiers s'accroît en tendance, mais que les conséquences sur le GMQ et l'IC sont plutôt faibles. Par contre, certains résultats montrent un effet contre les diarrhées (Hogenkamp et al, 1997, cités par Roy et al, 2000). D'autres études portent sur l'amélioration de la digestibilité des nutriments.

L'utilisation d'enzymes, à l'exception des phytases, reste donc modérée pour l'espèce porcine. Malgré l'intérêt des enzymes, beaucoup de problèmes restent à résoudre avant que leur emploi atteigne leur plein potentiel estiment Marquardt et Bedford (1996) qui soulignent que des recherches supplémentaires sont nécessaires dans bien des domaines. L'attribution d'une valeur alimentaire corrigée à la matière première associée à une enzyme justifierait peut être une plus grande utilisation d'enzymes dans la cadre d'une formulation d'aliments à moindre coût comme le suggère Schmidely (1985).

2.4. Incidence de l'utilisation des micro-organismes

Dès les années 80, plusieurs synthèses ont porté sur l'emploi de préparations de micro-organismes, encore appelées probiotiques, en alimentation animale (Wolter et Henry, 1987 ; Aumaitre, 1988 ; Fuller, 1989.). Pourtant le nombre d'études effectuées sur porcins publiées à ce jour, reste encore relativement réduit.

27 études ont été retenues qui ont permis de constituer une base de 46 enregistrements portant sur la totalité du PS, et de 12 pour la phase 1er âge. 10 comparaisons sur la période totale en engraissement et 12 sur la période de croissance ont été tirées de 9 études. Les tableaux 7 et 8, et les figures 13 à 15 présentent les résultats.

L'efficacité d'une supplémentation en micro-organismes dépend de nombreux facteurs en particulier de l'état sanitaire initial du troupeau et de son niveau de performances. L'âge et le stade physiologique, la nature du régime, les conditions d'élevage (stress, microbisme, den-

sité,...) jouent un rôle assez important. Enfin outre l'espèce et la concentration en micro-organismes, la stabilité de la préparation et sa tolérance aux conditions de fabrication et de stockage sont essentielles (Jouglar et al, 1999).

Ces différents facteurs et le faible nombre de références disponibles expliquent la grande variabilité de nos résultats.

Chez les porcelets, le niveau de réponse apparaît contrasté.

Les probiotiques de type bactérien ont un effet positif dans 18 comparaisons sur 24 concernant l'ensemble de la période de post sevrage, mais celui-ci est significatif dans 2 cas sur 15 seulement. En 1^{er} âge, les résultats se caractérisent par une très forte variabilité et par une majorité de résultats positifs.

Les résultats sont majoritairement neutres ou négatifs avec les probiotiques fongiques. Seulement 5 comparaisons sur 14 sont positives. Toutefois, les trois autres comparaisons disponibles en 1^{er} âge montrent une augmentation du gain de croissance mais sans amélioration de l'indice.

Les effets entraînés par l'utilisation de complexes associant plusieurs micro-organismes apparaissent également très divers, avec des écarts-types importants. 2 comparaisons sur 8 sont positives.

Tableau 7 - Estimation de l'incidence des micro-organismes en post-sevrage

Catégorie des produits	Nombre de comparaisons			Incidence sur les performances techniques			
	total	posit. [1]	sign. [2]	GMQ (%)	écart- type	IC (%)	écart- type
<i>Résultats post sevrage</i>							
Total micro-organismes ^[3] dont :	46	25	3/36	2.8	6.3	-1.6	4.2
- Bactéries ^[4]	24	18	2/15	5.6	5.5	-3.0	4.0
- Levures ^[5]	14	5	1/14	-0.3	3.5	0.3	3.7
- Complexes ^[6]	8	2	0/7	-0.5	8.0	-0.6	4.2
Phase 1^{er} âge							
- Bactéries ^[7]	12	8	3/6	18.0	27.5	-7.3	11.9
- Levures ^[8]	3	2	1/3	12.1	6.5	5.3	6.9

[1][2] voir tableau 1

[3] micro-organismes concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 5.4 et 10.2 kg ($\mu = 7.6$, $n = 43$) et final entre 17 et 31 kg ($\mu = 24$, $n = 43$), ou d'âge équivalent.

[4] *Bacillus cereus* (dont produits Paciflor, Toyocerine), *Bacillus Coagulans*, *Bacillus subtilis* (Biomate 2B plus), *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus crispatus* (Green Focus), *Lactobacillus fermentum* (Valiomix), *Enterococcus faecium* (dont SF68, LBC ME17, CL15, Lactiferm, Cylactin LBC).

[5] *Saccharomyces cerevisiae* (Levucell SB2, XP Yeast Culture).

[6] produits complexes dont Acosil F, Bio Plus 2B, LABs, Performix.

[7] *Bacillus cereus* (dont produits Andersen & Norel, Paciflor, Toyocerine), *Bacillus Licheniformis* (LSP122), *Lactobacillus crispatus* (Green Focus), *Lactobacillus fermentum* (Valiomix), *Enterococcus faecium* (Lactiferm, Cylactin) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 6.0 et 8.0 kg ($\mu = 6.9$, $n = 12$) et final entre 8.8 et 14.2 kg ($\mu = 10.1$, $n = 12$).

[8] *Saccharomyces cerevisiae* (Sc47 Biosaf, Biomate Yeast plus) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial de 7.6 kg et final de 15 kg ($n = 2$), ou d'âge équivalent.

Chez les porcs charcutiers, les résultats sont peu nombreux et hétérogènes. Sur la période d'engraissement, 5 réponses sur 10 apparaissent positives. D'autres études montrent plusieurs comparaisons significatives sur la phase nourrain-croissance (8 réponses positives sur 12).

Tableau 8 - Estimation de l'incidence des micro-organismes chez le porc charcutier

Catégorie des produits	Nombre de comparaisons			Incidence sur les performances techniques			
	total	posit. (1)	sign. (2)	GMQ (%)	écart-type	IC (%)	écart-type
Résultats engraissement							
Micro-organismes ^[3] dont :	10	5	2/9	1.3	3.3	-2.3	3.3
- Bactéries	8	4	2/7	1.4	3.6	-2.3	3.7
- Levures	2	1	0/2	1.3	1.5	-2.5	1.2
Phase nourrain ou croissance							
Micro-organismes ^[4] dont :	12	8	7/11	1.9	5.5	-2.8	4.4
- Bactéries	6	5	4/5	2.7	3.3	-3.8	2.4
- Levures	5	3	3/5	1.8	7.5	-2.5	5.9

[1][2] voir tableau 1

[3] *Bacillus cereus* (dont Toyocerine), *Pediococcus acidilacti* (Bactocell), *Enterococcus faecium* (Mirimil), *Saccharomyces cerevisiae* (Levucell SB2), , produit complexe Bio Plus 2B et ferments lactiques concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 20 et 30 kg ($\mu = 27$, $n = 10$) et final entre 75 et 107 kg ($\mu = 98$, $n = 10$).

[4] *Bacillus cereus* (dont Toyocerine), *Pediococcus acidilacti* (Bactocell), *Saccharomyces cerevisiae* (Levucell SB2, XP Yeast Culture), , produit complexe PBTM et ferments lactiques concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 20 et 30 kg ($\mu = 26$, $n = 12$) et final entre 42 et 69 kg ($\mu = 52$, $n = 12$).

Les résultats dont nous disposons apparaissent variables pour les différentes souches et les deux stades porcelet et porc charcutier, ce qui confirme les travaux précédents.

Chez le porcelet, si 25 des 46 résultats apparaissent positifs (GMQ et/ou IC amélioré de 1.5 % ou plus), seuls 3 résultats sur 36 apparaissent significatifs sur le plan statistique. Les écarts entre probiotiques bactériens, probiotiques fongiques et produits complexes associant plusieurs espèces sont difficiles à prendre en compte en raison de la forte variabilité existant à l'intérieur de chaque catégorie.

Rychen (1995) relève l'absence d'effets dans de nombreux essais publiés et Wolter (1995) note des résultats relativement aléatoires et difficilement reproductibles.

Il apparaît difficile d'apporter un jugement définitif compte tenu des conditions particulières liées aux souches bactériennes, à la nature de la ration et au niveau alimentaire, au type d'animaux et aux conditions d'élevage (Wolter, 1995). D'autres modes d'évaluation sont peut-être à trouver si les essais de croissance ne sont pas en mesure de démontrer l'effet des probiotiques et si leur usage relève plutôt d'une "police d'assurance" (Rychen, 1995). Certains auteurs envisagent la recherche d'indicateurs biologiques d'une activité probiotique des microorganismes apportés (Bezille, 2001).

Des investigations supplémentaires paraissent donc indispensables pour qualifier les circonstances particulières dans lesquelles des micro-organismes apportent un réel concours. Ainsi, il semble qu'une supplémentation en probiotiques de l'aliment de la truie en fin de gestation et pendant la lactation, grâce à une flore équilibrée de la mère, permet d'orienter favorablement la flore digestive du porcelet à la naissance (Jouglar, 1999). Même si quelques références sont disponibles avec un effet positif sur le poids de portée au sevrage et sur le taux de pertes, il serait souhaitable qu'un plus grand nombre d'expérimentations soient effectuées chez la truie.

2.5. Incidence de l'utilisation des argiles

Les deux principales catégories utilisées en alimentation animale sont les argiles à feuillets ou phyllosilicates (kaolinite et attapulgite, bentonites dont la saponite, sépiolite), et les argiles à architecture de tétraèdres ou tectosilicates (zéolites dont la clinoptilolite). (Wolter et al, 1990 ; Melcion, 1995). L'efficacité zootechnique dépend bien sûr du type d'argile et des propriétés particulières du produit commercial mais aussi du stade physiologique de l'animal, de la composition de l'aliment.

Les argiles sont généralement utilisées à des doses entre 0.5 et 2.5 %, voire plus, en substitution de l'aliment. Les argiles n'ont pas de valeur alimentaire, ne sont pas absorbées au niveau du tractus digestif et se retrouvent dans les fèces.

L'incorporation d'argile correspond à une dilution de l'aliment et donc théoriquement à une baisse des performances permises par la ration totale (Melcion, 1995).

Plusieurs études montrent des performances identiques du lot recevant l'argile à celles du lot témoin et donc un effet de compensation de la dilution de l'aliment. Nous avons tenté de mesurer cet effet en prenant également en compte l'indice de conversion énergétique.

À partir de 7 études concernant l'utilisation d'argiles chez le porcelet, il a été constitué une base de 20 traitements avec des teneurs en argile inférieures à 5 %, correspondant tous à la totalité du post sevrage. Les résultats sont présentés à la figure 16.

De 11 rapports étudiant l'utilisation d'argile en chez le porc charcutier, il a été tiré une base de 26 enregistrements avec des teneurs en argile inférieure à 5 %, dont 20 portent sur la durée totale d'engraissement et 6 sur la phase croissance. Les résultats sont présentés dans le tableau 10 et à la figure 17.

Les additions d'argile dans les régimes porcelets ont été faites à des taux variant entre 0.5 et 4.0 %, par dilution de l'aliment ou substitution d'une matière première, sans ajustement de la valeur énergétique du régime à l'exception d'un résultat. L'aliment est toujours distribué à volonté à l'exception d'un traitement où les quantités distribuées sont identiques en 2^e âge et de trois études où le mode de distribution n'est pas précisé.

Tableau 9 - Estimation de l'incidence des argiles en post sevrage

	Nombre de comparaisons			Incidence sur les performances techniques					
	total	posit. ⁽¹⁾	sign. ⁽²⁾	GMQ (%)	écart-type	IC (%)	écart-type	ICE (%)	écart-type
Résultats post-sevrage									
Bentonite ⁽⁴⁾	9	3 (4)	0/5	0.4	7.7	2.1	2.6	0.3	2.7
Sépiolite ⁽⁵⁾	6	4	0/6	2.6	6.9	-0.7	2.1	-2.2	2.2
Zeolite ⁽⁶⁾	4	2	1/3	7.6	5.0	-2.5	7.4	-3.6	8.0
Total argiles ⁽³⁾	20	10 (11)	2/15	3.0	7.4	0.3	4.3	-1.3	4.5

⁽¹⁾ ⁽²⁾ Voir tableau 1. Le chiffre entre parenthèses tient compte d'une amélioration de l'indice énergétique.

⁽³⁾ doses comprises entre 0.5% et 4.0% ($\mu = 1.5$, $n = 20$) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 6.1 et 9.7 kg ($\mu = 7.7$, $n = 15$) et final entre 17 et 27 kg ($\mu = 22$, $n = 15$), ou d'âge équivalent.

⁽⁴⁾ produits Bentonit, Fenamin, FD-181, AB-20, Voiclay-80, Invite 1016

⁽⁵⁾ produits Exal, IGS

⁽⁶⁾ produits Clinoptilolite, Zeobrite

En post sevrage, les améliorations obtenues sont rarement significatives. 10 résultats sur 20 sont positifs avec une amélioration du GMQ ou de l'IC supérieure à 1.5 %, et 11 sur 20 si l'on tient également compte d'une amélioration de l'indice de consommation énergétique supérieure à 1.5 %. Seulement 2 sur 15 parmi ces résultats sont statistiquement significatifs. L'incidence de la supplémentation sur le taux de pertes et l'importance des diarrhées est rarement renseignée.

L'addition d'argile dans les régimes d'engraissement a été faite à des taux variant entre 1 et 5 % par dilution de l'aliment ou substitution d'une matière première. Les essais ont pu donner lieu à une correction de la valeur énergétique et azotée du régime argile au même niveau que celle du témoin par ajout de matière grasse et de soja (3 comparaisons sur 20 en engraissement), ou à un ajustement du plan d'alimentation pour une même distribution d'énergie au deux lots (4 comparaisons). Par contre, il est arrivé que les lots argile et témoin reçoivent les mêmes quantités brutes d'aliments sans correction liée à une valeur énergétique différente (2 comparaisons). Enfin la distribution peut être à volonté (9 cas) ou non précisée (2 cas).

Tableau 10 - Estimation de l'incidence des argiles en engraissement

	Nombre de comparaisons			Incidence sur les performances techniques					
	total	posit. ^[1]	sign. ^[2]	GMQ (%)	écart-type	IC (%)	écart-type	ICE (%)	écart-type
Résultats engraissement									
Total argiles ^[3] dont	20	9	0/16	1.3	2.8	1.1	5.2	-1.2	4.9
- Sépiolite ^[4]	11	7	0/9	2.1	2.3	-0.8	1.8	-2.5	1.9
- Zeolite ^[5]	7	1	0/6	0.2	3.3	4.7	7.2	1.3	7.0
Résultats croissance^[6]	6	6	0/6	2.7	2.4	-3.6	1.9	-6.2	1.9

^[1]^[2] Voir tableau 1.

^[3] bentonite, kaolinite, sépiolite et zéolite à des taux compris entre 1.0% et 5.0% ($\mu = 2.7$, $n = 20$) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 19 et 32 kg ($\mu = 26$, $n = 20$) et final entre 70 et 118 kg ($\mu = 101$, $n = 18$), ou d'âge équivalent.

^[4] produit Exal ou sépiolite non précisé à des taux compris entre 1.0% et 2.0% ($\mu = 1.9$, $n = 11$) avec rationnement énergétique identique ou correction de la valeur énergétique de l'aliment ($n = 6$), rationnement sans ajustement énergétique ($n = 2$), ou distribution à volonté ($n = 3$); lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 19 et 32 kg ($\mu = 25$, $n = 11$) et final entre 101 et 107 kg ($\mu = 104$, $n = 11$), ou d'âge équivalent.

^[5] produits Clinoptilolite, Clinoptilolite 1010-B, et zéolite non précisée à des taux compris entre 2.0% et 5.0% ($\mu = 3.7$, $n = 7$) en distribution à volonté sans correction de l'écart de valeur énergétique de l'aliment.

^[6] sépiolite à un taux de 2% ($n = 3$) en distribution à volonté ($n = 2$) ou égalisation ($n = 1$) sans ajustement énergétique, Clinoptilolite et zéolite de synthèse à des taux de 0.3, 0.5 et 2% ($n = 3$) en distribution à volonté; poids moyen initial des lots entre 19 et 25 kg ($\mu = 22$, $n = 6$) et final entre 42 et 73 kg ($\mu = 57$, $n = 6$)

Sur 20 comparaisons portant sur la totalité de l'engraissement, l'incorporation d'argile permet d'améliorer la vitesse de croissance ou l'indice de consommation brut de plus de 1.5% dans 9 cas. La prise en compte de l'indice de consommation énergétique ne modifie pas cette répartition. Les améliorations obtenues sont généralement faibles et ne sont pas significatives.

En apparence, les réponses constatées avec les argiles de type sépiolite semblent plus élevées que celles obtenues avec des argiles de type zéolite. Les sépiolites ont été utilisées à 1 ou 2 % alors que les zéolites ont été incorporées à 2, 3, 4 ou 5 %. Il est donc difficile de distinguer l'effet lié au type d'argile de celui lié au taux d'incorporation. De plus les traitements sépiolite ont donné lieu à différents modes de rationnement, mais ceci n'apparaît pas déterminant sur le niveau de la réponse.

Les résultats disponibles pour la phase croissance semblent monter de meilleurs résultats en tendance, mais les différences ne sont jamais significatives.

L'efficacité d'une argile dépend de ses propriétés physiques mais aussi de son taux d'incorporation et de la nature du régime. Les meilleurs résultats seraient obtenus avec des régimes complexes riches en matières grasses et en fibres (Castaing, 1989, cité par Castaing et Noblet, 1997).

Plusieurs auteurs observent en engraissement, des performances de croissance maintenues ou proches de celles du régime témoin alors que la concentration énergétique du régime est diminuée. Il peut en découler un léger rationnement énergétique expliquant dans certaines études une baisse de l'épaisseur de gras et une augmentation de l'épaisseur de muscle des carcasses, d'où un meilleur taux de muscle des animaux. (Castaing, 1994 ; Castaing et Noblet, 1997).

Les Coefficient d'Utilisation Digestive de la matière organique et de l'énergie ne semblent pas affectés par l'ajout d'argile. L'augmentation due à l'argile de la teneur du régime en matière minérale entraîne une diminution de la teneur en ED proche de l'effet dilution alors qu'elle est plus élevée pour d'autres matières premières. (Castaing et Noblet, 1997).

2.6. Incidence de l'utilisation de cuivre et de zinc

L'amélioration des performances de croissance, en particulier chez le jeune porcelet, permise par l'addition de cuivre dans les aliments porcins est connue depuis les années 1950. Alors que les apports recommandés sont évalués à 10 mg/kg pour tous les stades par l'INRA (1989), la réglementation européenne autorise des doses de 175 mg/kg jusqu'à 16 semaines d'âge, 100 mg/kg de la 17^{ème} semaine à 6 mois (35 mg/kg si le pays membre à une densité porcine supérieure à 175 porcs pour 100 ha) et 35 mg/kg au-delà de 6 mois.

17 études traitant de l'utilisation du cuivre et du zinc chez le porcelet et 6 chez le porc charcutier ont permis de regrouper 26 comparaisons sur la totalité du post-sevrage et 13 en 1^{er} âge, ainsi que 8 résultats sur la période totale d'engraissement, 12 en croissance et 7 en finition. Les lots témoin reçoivent des teneurs en cuivre inférieures à 50 mg/kg d'aliment. Les résultats sont présentés dans les tableaux 11 et 12 et dans les figures 18 et 19.

Tableau 11 - Estimation de l'incidence du cuivre en post-sevrage

	Nombre de comparaisons			Incidence sur les performances techniques			
	total	posit. (1)	sign. (2)	GMO (%)	écart-type	IC (%)	écart-type
Résultats post-sevrage							
Sulfate de cuivre (> 90 mg/kg) ⁽³⁾ dont :	26	23	13/19	12.3	8.7	-4.8	6.6
- 90 à 175 mg/kg	10	10	7/8	12.6	6.2	-3.8	5.0
- 180 à 250 mg/kg	14	11	5/9	12.7	10.1	-4.0	6.8
Phase 1^{er} âge							
Sulfate de cuivre (180 à 250 mg/kg) ⁽⁴⁾	13	11	5/10	17.3	10.5	-6.4	8.4

⁽¹⁾ ⁽²⁾ Voir tableau 1.

⁽³⁾ doses comprises entre 90 et 500 mg/kg ($\mu = 209$, $n = 26$) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 5.8 et 6.7 kg ($\mu = 7.2$, $n = 26$) et final entre 17 et 32 kg ($\mu = 21$, $n = 26$), en comparaison de lots témoin recevant une dose entre 0 et 50 mg/kg ($\mu = 8.6$).

⁽⁴⁾ doses comprises entre 180 et 250 mg/kg ($\mu = 224$, $n = 13$) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 6.0 et 8.9 kg ($\mu = 7.4$, $n = 13$) et final de 12 à 16 kg ($\mu = 14$, $n = 13$), en comparaison de lots témoin recevant entre 0 et 50 mg/kg ($\mu = 16.9$).

23 des 26 résultats étudiant une addition de cuivre supérieure à 90 mg/kg dans l'aliment de post sevrage ont eu un effet positif sur la vitesse de croissance ou l'indice de consommation, de façon significative dans une majorité de cas (13 sur 19). Cependant, une certaine hétérogénéité entre les résultats est relevée malgré une amélioration moyenne de l'ordre de 12 % du GMQ et de 5 % de l'IC. Les études disponibles portent principalement sur des teneurs comprises entre 100 et 175 mg/kg ou entre 175 et 250 mg/kg avec des niveaux de réponse qui semblent comparables.

La plupart des synthèses indiquent une majorité de résultats positifs mais font état d'une forte variabilité. Certains des résultats négatifs pourraient être attribués à la présence d'autres oligo-éléments dans le régime (Bowland, 1990). De meilleurs résultats seraient obtenus avec des additions de cuivre de l'ordre de 200 à 250 mg/kg (Braude et Hosking, 1982 ; Cromwell et al, 1989 ; Bowland, 1990). Selon Cromwell et al (1989), la réponse à une addition de la forme oxyde présente un moindre efficacité que de la forme sulfate. Enfin, plusieurs études montrent un effet additif de l'addition de cuivre et d'un additif antibiotique ou facteur de croissance (Patterson, 1984 ; Chauvel, 2000).

Tableau 12 - Estimation de l'incidence du cuivre en engraissement

	Nombre de comparaisons			Incidence sur les performances techniques			
	total	posit. [1]	sign. [2]	GMQ (%)	écart-type	IC (%)	écart-type
Résultats engraissement [3]	8	7	5/8	2.8	2.7	-2.6	2.7
Phase croissance [4]	12	7	5/12	6.1	7.5	-3.7	3.4
dont 80 à 175 mg/kg	6	2	2/6	4.1	3.3	-3.2	2.6
Phase finition [5]	7	4	3/7	5.7	3.2	-4.6	2.4

[1][2] Voir tableau 1.

[3] doses comprises entre 80 et 250 mg/kg ($\mu = 199$, $n = 8$) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 20 et 28 kg ($\mu = 21$, $n = 8$) et final entre 86 et 108 kg ($\mu = 90$, $n = 8$), en comparaison de lots témoin recevant une dose entre 0 et 10 mg/kg ($\mu = 1$).

[4] doses comprises entre 80 et 275 mg/kg ($\mu = 179$, $n = 12$) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 18 et 32 kg ($\mu = 22$, $n = 12$) et final de 50 à 69 kg ($\mu = 56$, $n = 12$), en comparaison de lots témoin recevant entre 0 et 30 mg/kg ($\mu = 3$).

[5] doses comprises entre 100 et 200 mg/kg ($\mu = 131$, $n = 7$) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 50 et 53 kg ($\mu = 52$, $n = 7$) et l'abattage, en comparaison de lots témoin recevant entre 0 et 50 mg/kg ($\mu = 16$).

En engraissement, y compris pour les phases croissance ou finition seules, les résultats étudiés apparaissent positifs, mais moins élevés qu'en post sevrage. Toutefois, parmi les 8 comparaisons concernant la totalité de l'engraissement, 7 testent des suppléments supérieures aux teneurs actuellement permises par la législation européenne

L'efficacité de doses élevées d'oxyde de zinc à améliorer la croissance et à lutter contre les diarrhées du porcelet sevré a été montrée par Poulsen (1989). Aux Etats Unis, de telles doses pharmaceutiques de l'ordre de 3000 mg/kg sont utilisées en formulation de l'aliment de sevrage. Ces doses ne peuvent normalement pas être atteintes en Europe même s'ils elles ont été autorisées en Suède.

La réglementation européenne permet l'addition de 250 mg de zinc par kg d'aliment quel que soit l'âge des animaux.

A partir de 18 rapports sur l'utilisation de courte durée du zinc (oxyde et sulfate) pendant 1 à 4 semaines après le sevrage, nous avons pu constituer une table de 22 comparaisons pour les performances mesurées sur la période totale de post-sevrage (dont 13 pour l'oxyde de zinc à plus de 2000 mg/kg) et de 24 pour la période dite 1er âge. Les lots témoins reçoivent des doses proches du niveau nutritionnel de 100 mg/kg recommandé par l'INRA (1989). Les résultats sont présentés dans le tableau 13 et à la figure 20.

Le bilan montre un effet favorable sur les performances mesurées sur la période de post sevrage d'une supplémentation en oxyde de zinc à des doses allant de 2000 à 3000 mg/kg et distribuée après le sevrage (de 7 jours à la totalité du post sevrage). 10 comparaisons sur 12 sont positives et 7 sur 10 sont significatives.

D'autres résultats mesurés sur la seule période de 1^{er} âge indiquent un effet positif dans 22 cas sur 24 comparaisons avec des doses supérieures à 2000 mg/kg. Les essais réalisés avec du sulfate de zinc n'apparaissent pas concluants.

Différents auteurs montrent que des additions de zinc à des doses plus faibles (150 à 250 mg/kg) conformes à la réglementation européenne ne présentent pas le même avantage (Carter et al, 1996 ; Latimier et al, 1998 ; Chauvel, 2000).

Tableau 13 - Estimation de l'incidence du zinc en post-sevrage

	Nombre de comparaisons			Incidence sur les performances techniques			
	total	posit. [1]	sign. [2]	GMO (%)	écart- type	IC (%)	écart- type
Résultats post-sevrage							
Oxyde de zinc (> 2000 mg/kg) [3] dont :	13	11	10/13	9.3	7.1	-2.6	3.6
- 2000 à 2500 mg/kg	7	7	6/7	7.6	4.5	-2.3	2.4
- 3000 mg/kg	6	4	4/6	11.2	8.9	-2.9	4.7
Sulfate de zinc (toutes doses) [4]	7	1	0/7	-3.3	4.0	-1.3	3.2
Phase 1^{er} âge							
Oxyde de zinc (> 2000 mg/kg) [5]	24	22	18/24	15.5	8.9	-5.4	6.9

[1][2] Voir tableau 1.

[3] doses comprises entre 2250 et 3000 mg/kg ($\mu = 2665$, $n = 13$) concernant des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 4,6 et 8,2 kg ($\mu = 6.6$, $n = 10$) et final entre 17 et 22 kg ($\mu = 19$, $n = 10$), ou d'âges équivalents.

[4] doses comprises entre 100 et 3000 mg/kg ($\mu = 1514$, $n = 7$) concernant des lots animaux d'un poids moyen initial entre 6.1 et 6.5 kg ($\mu = 6.1$, $n = 7$) et final de 18 à 19 kg ($\mu = 19$, $n = 7$).

[5] doses comprises entre 2000 et 5000 mg/kg ($\mu = 3090$, $n = 24$) concernant des animaux d'un poids moyen initial entre 3.8 et 8.0 kg ($\mu = 5.5$, $n = 16$) et final de 11 à 16 kg ($\mu = 13$, $n = 14$), ou d'âges équivalents.

L'addition de zinc à teneur élevée n'entraîne pas de réponse additive par rapport à celle déjà obtenue avec une supplémentation en cuivre et révèle un certain antagonisme entre cuivre et zinc (Smith et al, 1997 ; Chauvel, 2000).

L'utilisation à teneur élevée de cuivre et de zinc dans les aliments conduit à évaluer les conséquences sur les sols des rejets de ces oligo-éléments dans les régions où les lisiers représentent une part importante de la fertilisation. Les risques pour l'environnement (risque pour les ovins, phytotoxicité) d'une accumulation de cuivre dans les sols liée à un épandage de lisier étaient apprécié dès les années 80 par le Comité scientifique européen de l'alimentation animale (1982). Une modification prochaine de la réglementation européenne pourrait prendre en compte les effets d'un cumul à long terme et réviser à la baisse les teneurs maximales admises dans l'Union européenne. Plusieurs expérimentations récentes étudient ainsi la réduction de la teneur en cuivre et en zinc des aliments porcins à des niveaux plus proches des besoins nutritionnels (Chauvel, 2000 ; Mathé et al, 2001 ; Paboeuf et al, 2001) et leur apport dans l'aliment par des complexes organiques (Carter et al, 1996).

2.7. Incidence de l'utilisation de préparations d'origine végétale.

De nombreux produits préparés à partir de végétaux sont proposés en alimentation porcine. Il s'agit de fibres et oligosaccharides, d'huiles essentielles, d'épices, de plusieurs extraits végétaux. D'autres catégories existent. Le mode d'extraction ou de préparation constitue une différence importante entre les différents types rencontrés.

Les propriétés et les modes d'action de ces produits sont très divers. Certains de ces produits sont utilisés pour leur action sur la santé et le bien-être des animaux, l'environnement ou l'émission d'odeurs. Nous n'évaluons pas ces aspects mais seulement l'impact relevé sur les critères de performances zootechniques, lequel peut être parfois secondaire parmi les effets caractérisant le produit.

Nous disposons de 19 études sur l'utilisation de produits d'origine végétale chez le porcelet permettant de regrouper 43 comparaisons concernant la totalité de la période de post sevrage, 29 comparaisons concernant la totalité de l'engraissement et 13 le stade croissance sont tirées de 17 rapports. Les résultats sont présentés dans les tableaux 14 et 15 et dans les figures 21 et 22.

Parmi les résultats retenus dans chaque catégorie de produits, environ la moitié montrent un classement positif correspondant à une amélioration du gain de croissance ou de l'efficacité alimentaire de plus de 1.5%. Très peu se révèlent significatifs sur le plan statistique à l'exception des huiles essentielles (4 sur 8).

Il apparaît difficile de prononcer une appréciation sur l'efficacité en post sevrage de l'une des catégories de produits regroupés ici.

Tableau 14 - Estimation de l'incidence des préparations d'origine végétale en post-sevrage

	Nombre de comparaisons			Incidence sur les performances techniques			
	total	posit. [1]	sign. [2]	GMQ (%)	écart-type	IC (%)	écart-type
Résultats post sevrage							
Arômes ^[3]	3	1	0/2	0.8	4.4	-2.6	5.1
Oligosaccharides ^[4]	8	4	0/8	3.3	4.8	1.3	3.3
Huiles essentielles ^[5]	8	5	4/8	3.2	3.2	-6.6	4.6
Extraits végétaux dont ^[6] :	23	11	1/23	0.9	5.0	1.2	6.3
- Epices ^[7] :	9	2	1/9	-1.1	6.2	4.8	7.6
- Extraits de plantes ^[8] :	9	7	0/9	2.5	2.0	-2.0	1.6
- <i>Yucca schidigera</i> ^[9] :	5	2	0/5	1.5	5.5	0.8	5.5

[1] [2] Voir tableau 1.

[3] produits Crinarom 696 et Suk Aroma (n = 3) pour des lots d'animaux d'un poids initial de 7 kg et final de 25 et 30 kg, ou d'âge équivalent.

[4] produits Fructomix, DLG XS44, Profeed, STOC, à des doses comprises entre 300 et 2000 mg/kg ($\mu = 1070$, n = 8) pour des lots d'animaux d'un poids initial entre 6.9 et 9.2 kg ($\mu = 8.2$, n = 8) et final de 17 à 28 kg ($\mu = 23$, n = 8).

[5] produits Crina HC, Crina HC 695, Crina HC 697, Digestarom 1306 et Ecodiar à des doses comprises entre 100 et 5000 mg/kg ($\mu = 875$, n = 8) pour des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 6.3 et 10 kg ($\mu = 7.3$, n = 6) et final de 25 à 30 kg ($\mu = 26$, n = 6), ou d'âge équivalent.

[6] Epices, extraits de plantes et de *Yucca schidigera* à des doses comprises entre 62 et 50000 g/kg ($\mu = 7570$, n = 23) pour des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 5.5 et 7.7 kg ($\mu = 6.9$, n = 21) et final de 18 à 30 kg ($\mu = 24$, n = 21), ou d'âge équivalent.

[7] Ail, produits AB Natur Mix, Starome S, Enteroguard, et FU 01 à des doses comprises entre 400 et 50000 mg/kg ($\mu = 11770$, n = 9) pour des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 6.2 et 7.7 kg ($\mu = 6.7$, n = 7) et final de 20 à 30 kg ($\mu = 25$, n = 7), ou d'âge équivalent.

[8] *Echinacea sp.*, et produits New Add, Endonsan, Oregarom, Chinese Herb 112 et Fresta F à des doses comprises entre 500 et 25000 mg/kg ($\mu = 7500$, n = 9) pour des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 5.5 et 7.6 kg ($\mu = 6.7$, n = 9) et final de 18 à 30 kg ($\mu = 24$, n = 9).

[9] produit Micro-Aid à des doses comprises entre 62 et 250 mg/kg ($\mu = 137$, n = 5) pour des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 6.8 et 7.6 kg ($\mu = 7.4$, n = 5) et final de 20 à 29 kg ($\mu = 23$, n = 5).

En engraissement, le nombre de données disponibles avec des produits de type arômes ou oligosaccharides est trop faible pour pouvoir juger de l'efficacité de ces deux catégories.

Les huiles essentielles ne montrent qu'une efficacité en tendance dans 3 résultats sur 5 mesurés sur l'engraissement total alors que pour la période croissance les résultats sont plus favorables (7 positifs sur 7).

A l'inverse les résultats dont nous disposons quant à l'utilisation de *Yucca schidigera* semblent meilleurs sur l'engraissement total que pour la phase croissance.

Compte tenu de la forte spécificité de chaque préparation d'origine végétale, il est difficile d'apprécier l'efficacité sur le plan zootechnique d'une famille de produits. Il apparaît impératif qu'un plus grand nombre d'études soient conduites, en particulier sur les modes d'action et sur le type de préparation.

Les oligosaccharides sont souvent qualifiés de prébiotiques. Les oligosaccharides dans les régimes de sevrage peuvent aider à gérer la transition de l'alimentation lactée vers un régime sec, mais les performances peuvent ne pas atteindre les niveaux rencontrés lorsque des additifs antibiotiques sont incorporés à l'aliment (Gebink et al, 1999).

Günther et Adiarto (1992) estiment qu'une préparation d'huiles essentielles augmente non seulement l'ingestion mais aussi la digestibilité des nutriments et ainsi les performances. En France, Teurnier (1994) obtient une moindre consommation et une amélioration de l'indice. Comme d'autres catégories d'additifs, les huiles essentielles rencontrent un intérêt croissant en raison de la tendance réglementaire vers un retrait des additifs antimicrobiens (Battlori et al, 1999).

Les synthèses disponibles sur les différentes plantes ou préparations à base de plantes sont peu nombreuses. Beaucoup de plantes sont connues pour leur utilisation médicinale ou culinaire (Jost, 1997 ; Holden et al, 1999).

Les extraits de *Yucca* sont utilisés afin de réduire les émissions d'ammoniaque. Eckel (1997) explique que cette amélioration de l'ambiance est à l'origine de meilleures performances.

Tableau 15 - Estimation de l'incidence des préparations d'origine végétale en engraissement

	Nombre de comparaisons			Incidence sur les performances techniques			
	total	posit. ^[1]	sign. ^[2]	GMQ (%)	écart-type	IC (%)	écart-type
Résultats engraissement							
Arômes ^[3]	3	0	0/3	0.2	0.8	0.9	1.1
Oligosaccharides ^[4]	2	1	0/2	0.8	0.8	0.0	1.5
Huiles essentielles ^[5]	5	3	1/5	3.2	5.0	-1.4	2.1
Extraits végétaux dont ^[6]	19	13	5/18	1.9	2.4	-1.4	2.4
- <i>Yucca schidigera</i>	14	11	3/13	2.3	2.3	-1.2	2.7
Résultats croissance							
Huiles essentielles ^[7]	7	7	4/4	10.5	6.1	-12.3	8.1
<i>Yucca schidigera</i> ^[8]	5	1	1/5	1.4	8.4	-2.2	7.9

[1][2] Voir tableau 1.

[3] produit Truffle feed à 0.5, 1 et 2 mg/kg (n = 3) pour des lots d'animaux d'un poids initial de 28 kg et final de 101 kg.

[4] produits Bio-FOS à 500 mg/kg et Bio-Mos à 1000 mg/kg pour des lots d'animaux d'un poids initial de 29 kg et final de 99 et 107 kg.

[5] produits Arornex, Crina HC et Ecodiar à des doses comprises entre 50 et 300 mg/kg ($\mu = 165$, n = 5) pour des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 29 et 30 kg ($\mu = 30$, n = 4) et final de 102 à 108 kg ($\mu = 105$, n = 4), ou d'âge équivalent.

[6] produits New-Add, Sangrovit, Micro-Aid et extraits expérimentaux de *Yucca schidigera* à des doses comprises entre 30 et 2000 mg/kg ($\mu = 176$, n = 19) pour des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 19 et 30 kg ($\mu = 26$, n = 18) et final de 75 à 103 kg ($\mu = 96$, n = 18), ou d'âge équivalent.

[7] produits Crina HC et Ecodiar à des doses comprises entre 75 et 500 mg/kg ($\mu = 282$, n = 7) pour des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 25 et 31 kg ($\mu = 28$, n = 5) et final de 53 à 60 kg ($\mu = 56$, n = 5), ou d'âge équivalent.

[8] produits Micro-Aid et extraits expérimentaux de *Yucca schidigera* à des doses comprises entre 63 et 200 mg/kg ($\mu = 130$, n = 5) pour des lots d'animaux d'un poids moyen initial entre 19 et 34 kg ($\mu = 24$, n = 5) et final de 49 à 63 kg ($\mu = 55$, n = 5).

Conclusion

Le retrait progressif des additifs antibiotiques et facteurs de croissance en Europe est une source de difficultés pour l'élevage européen. Les catégories alternatives de produits étudiées ici ne répondent pas intégralement à ces problèmes. De nombreux experts rappellent que la rigueur de la conduite de l'élevage et l'hygiène de l'atelier apparaissent incontournables (Roy et al, 2000).

Aucune des catégories d'additifs présentées comme alternatives à l'utilisation des additifs antibiotiques et facteurs de croissance ne permet de retrouver le même niveau d'amélioration des performances zootechniques qu'avec ces derniers.

Les oligo-éléments constituent un cas particulier puisque l'emploi d'oxyde de zinc à doses élevées après le sevrage n'est pas autorisé par la législation communautaire, et l'utilisation du sulfate de cuivre pourrait être remise en cause à moyen terme par cette même législation.

Chez le porcelet, plusieurs catégories en particulier les acidifiants mais aussi les micro-organismes et les enzymes montrent parfois un certain intérêt. Les performances zootechniques des animaux peuvent également être améliorées par les argiles, et certaines préparations d'origine végétale.

Cependant, la variabilité reste dans tous les cas importante. Lors d'une utilisation en élevage, l'incidence sur les performances peut donc se révéler nulle et le bilan économique négatif.

Chez le porc charcutier, les incidences sont plus faibles pour les additifs antibiotiques comme pour les alternatives. Le coût de l'additif apparaît donc décisif dans l'intérêt de la supplémentation.

La législation européenne a intégré depuis 1996 l'utilisation comme additifs des micro-organismes et des enzymes. Ceux-ci devront donc être soumis à des essais démontrant leur efficacité. Depuis 2001, certaines préparations ont obtenu leur agrément permanent et ont donc apporté cette démonstration qui constitue un critère de sécurité pour le fabricant et pour l'éleveur. Mais les autres micro-organismes et enzymes dont l'autorisation européenne est provisoire, n'ont pour le moment pas achevé ce processus.

Enfin, cette législation ne s'applique pas aux autres catégories : les acidifiants sont sauf exception autorisés comme conservateurs, les argiles comme agents technologiques, les préparations d'origine végétale comme matières premières. Leur utilisation comme additifs pour améliorer les performances zootechniques devrait à terme conduire à des demandes d'autorisation pour cet usage.

La supplémentation en additifs doit faire la preuve de son efficacité, de son innocuité et de sa rentabilité. Il est primordial de la soumettre à des essais probants. Bien entendu toute appréciation de l'efficacité devrait finalement être confrontée à un bilan économique.

Alors que les connaissances restent incomplètes sur le mode d'action et l'efficacité des additifs, le nombre d'essais réalisés en France est moins important que pour d'autres pays de l'Union européenne.

A cet égard, la démarche danoise entreprise par le Landsudvalget for svin (Comité national porcin) du Danske Slagterier apparaît exemplaire. Il a assuré dans le cadre d'essais en élevages et stations le test chez le porcelet ou le charcutier de 21 produits additifs en 1999 et de 27 en 2000. Les résultats expérimentaux ainsi que le bilan économique sous forme d'indice de valeur de production ont été publiés et diffusés aux éleveurs afin de les aider dans leur choix d'achat (National Committee for Pig Production, 2000, 2001)

Cette stratégie d'essais d'appréciation et l'existence d'une législation européenne spécifique sont deux facteurs importants pour la protection des utilisateurs et pour l'évolution du marché vers des produits de qualité, efficaces et sans dangers.

Références bibliographiques

AUMAITRE A., 1988.

Additifs alimentaires et efficacité zootechnique chez le porc. Biofutur, juin 88, 91-93

AUMAITRE A., HAUTCOLAS J., 1984.

Importance de l'utilisation des facteurs de croissance incorporés aux aliments destinés aux porcs de la CEE : modes d'action, efficacité technique et signification économique de l'emploi du carbadox. Les dossiers de l'élevage, 5, 3, 37-53.

BATTLORI P.C., SALADO S., MEDEL P., ASENSIO BONNIN J.J., 1999.

Productos naturales de origen vegetal : una alternativa a los aditivos antimicrobianos en alimentacion animal. Anaporc, 99 (6), 51-59

BEZILLE P., 2001.

Recherche de mécanismes d'activité probiotique chez le porc. Journée EPA-ENVT "Utilisation des probiotiques en alimentation animale", Toulouse, 29 mars 2001, European Probiotic Association

BÖHME H., 1997.

Die Mühle und Mischfüttertechnik, 134-10, mai 1997, 295-298.

BOWLAND J.P., 1990.

Copper as a performance promoter for pigs. Pig News and Inf., 11-2, 163-167.

BRAUDE R., HOSKING Z.D., 1982.

Copper in diets for growing pigs. J. agric. Sci., Camb. (1982), 99, 365-371

CALLESEN J., MARIBO H., JORGENSEN L., 1999.

Commercial acid products for piglets from 7-30 kg. 50^e Congrès annuel de la Fédération Européenne de Zootechnie, Zürich.

CAMPBELL G. ET BEDFORD M., 1992.

Enzyme applications for monogastric feeds : A review. Can. J. Anim. Sci. 72, 449-466.

CARTER S.D., RICHARDSON C.R., HOLTHAUS D.L., 1996.

Effect of two zinc sources at two dietary levels on the performance and serum zinc concentrations of nursery pigs. TTU Dep. of Anim. Sci. Research Report 1996, Technical Report 49-50

CASTAING J., COUDURE R., GROSJEAN F., 1988.

Influence du mode de distribution du maïs grain humide ensilé ou auto-inerté pour l'alimentation du porc charcutier. Journées Rech. Porcine en France, 20, 391-396

CASTAING J., 1994.

Effet de l'introduction de sépiolite Exal selon les teneurs en cellulose brute et matière grasse d'aliments pour porcs charcutiers. Journées Rech. Porcine en France, 26, 199-206.

CASTAING J., NOBLET J., 1997.

Conséquences de l'introduction de sépiolite sur l'utilisation digestive de l'aliment et les performances du porc en croissance. Journées Rech. Porcine en France, 29, 213-220.

CHAUVEL J., 2000.

Intérêt comparé du cuivre, du zinc, et d'un facteur de croissance au post-sevrage. Techni-porc, 23-1, 11-16.

COMITE SCIENTIFIQUE DE L'ALIMENTATION ANIMALE (SCAN), 1982.

Rapport concernant l'usage de composés du cuivre dans l'alimentation des animaux. Avis du 15 avril 1982. Commission européenne, Bruxelles.

CROMWELL G., 1983.

Antibiotics for growth promotion in swine. Animal nutr. and health, july-august 1983, 18-31.

CROMWELL G.L., STAHLY T.S., MONEGUE H.J., 1989.

Effects of source and level of copper on performance and liver copper stores in weanling pigs. J. Anim. Sci. 67, 2996-3002

EASTER R., 1988.

Acidification of diets for pigs. In : Recent advances in animal nutrition, Nottingham Univ. Press, UK.

ECKEL B., 1997.

Geruchsminderung durch einen Pflanzenextrakt. Die Mühle und Mischfüttertechnik, 134 (10), 8 mai 1997, 301-303

FULLER R., 1989.

Probiotics in man and animals : A review. J. of Applied Bacteriology, 66, 365-378.

GEBBINK G.A.R., SUTTON A.L., RICHERT B.T. et al, 1999.

Effects of addition of fructo-oligosaccharide (FOS) and sugar beet pulp to weanling diets on performance, microflora and intestinal health. Swine Day Report 1999, Purdue University, West Lafayette, IN.

GÜNTHER K.D. , ADIARTO, 1992.

Zum Einsatz ätherischer Öle in der Nutztierernährung. Die Mühle und Mischfüttertechnik, 12-20, 14 mai 1992, 273-277

HOLDEN P.J., MCKEAN J., FRANZENBURG E., 1999.

Inclusion of botanicals in swine diets examined. Feedstuffs, june 28, 11-23.

INRA, 1989.

L'alimentation des animaux monogastriques. 2^{ème} édition. INRA, Paris.

I.T.P., 1992.

L'alimentation du porcelet, 55 pp, Paris.

JOST M., 1997.

Emploi de poudre d'ail dans l'aliment pour porcelets d'élevage. Revue Suisse d'Agriculture, 29-1, 35-38

JOUGLAR J.Y., BEZILLE P., TOURNUT J., 1999.

Flore intestinale du porcelet de la naissance au post sevrage – Action des micro-organismes additifs. In : Session Suppression des facteurs de croissance, Paris, 10 février 1999. Assoc. fr. des techn. de l'alim. anim.

LANDSUDVALGET FOR SVIN, 1998.

Foderstoffer til svin. Danske slagterier éd.

LATIMIER P., POINTILLARD A., CORLOUËR A., LACROIX C., 1994.

Influence de l'incorporation de phytase microbienne dans les aliments, sur les performances, la résistance osseuse et les rejets phosphorés chez le porc charcutier. Journées Rech. Porcines en France, 26, 107-116.

LATIMIER P., PABOEUF F., LANDRAIN B., 1998.

Moins de cuivre et de zinc, mêmes performances. Atout Porc, janvier 1998, 16-17.

MARQUARDT R., BEDFORD M., 1996.

Recommendations for future research on the use of enzymes in animal feeds. Proc. of 1st Chinese Symposium on Feed enzymes, 6-8 may 1996, R. Marquardt et Z. Han éd., IDRC 1997, Canada.

MATHE D., GUILLOU D., FLESSELLE S., 2001.

Conséquences d'apports réduits en cuivre dans l'alimentation du porc en croissance-finition, Journées Rech. Porcine en France, 33, 37-42.

MELCION J.P., 1995.

Emploi des liants pour le pressage des aliments des animaux : aspects technologiques et nutritionnels. INRA Prod. Anim., 1995, 8 (2), 83-96.

NATIONAL COMMITTEE FOR PIG PRODUCTION, 1999.

Annual Report, 56 pp., Copenhagen, Danemark.

NATIONAL COMMITTEE FOR PIG PRODUCTION, 2000.

Annual Report, 56 pp. Copenhagen, Danemark.

PABOEUF F., POINTILLARD A., CORLOUËR A., LACROIX H.L., LATIMIER P., 1999.

Reduction des rejets en phosphore chez le porc charcutier par la suppression de la supplémentation minérale en phosphore et par l'ajout de phytase microbienne. Journées Rech. Porcines en France, 31, 65-72.

PABOEUF F., CALVAR C., LANDRAIN B., ROY H., 2001.

Impact de la réduction des niveaux alimentaires en matière azotée totale, en phosphore, en cuivre et en zinc sur les performances et les rejets des porcs charcutiers, Journées Rech. Porcine en France, 33, 49-56

PATTERSON D.C., 1984.

Effects of the dietary inclusion of copper sulphate, avoparcin and carbadox supplements on the performance of pigs weaned at 25 days. Anim. Prod., 38: 487-493.

PFIRTER H., 1990.

Efficacité de stimulants antimicrobiens de croissance en élevage et engraissement de porcs. Session ITP Améliorateurs de croissance, 26-27 mars 1991, Epinay/Orge.

POINTILLARD A., 1994.

Phytates, phytases : leur importance dans l'alimentation des monogastriques. INRA Prod. Anim., 7 (1), 29-39.

POULSEN H.D., 1989.

Zinc oxyde for weaned pigs. Proceedings of the 40th annual meeting of the European Association for Animal Production, vol. 2, 265-266, Dublin, Ireland

ROY H., LETOURNEUX A., CALVAR C., LANDRAIN B., PABOEUF F., 2000.

Alternatives aux facteurs de croissance et antibiotiques régulateurs de flore dans l'alimentation du porc, EDE – Chambres d'Agriculture de Bretagne, 109 pp., octobre 2000.

RYCHEN G., 1995.

Effets nutritionnels des probiotiques microbiens chez l'espèce porcine. In : « Symposium Alimentation animale et santé publique – Additifs sans résidus » ENV Alfort. 17-18 mai 1995. Commission Int. des Indus. Agric. et Alim.

SCHMIDELY P., 1985.

Efficacité de l'adjonction d'enzymes glucolytiques et comparaison avec divers traitements. Revue de l'alim. anim., oct. 1985, 47-56

SMITH J.W., TOKACH M.D., GOODBAND R.D., NELSEN J.L., RICHERT B.T., 1997.

Effects of the interrelationship between zinc oxide and copper sulfate on growth performance of early-weaned pigs. J. of Anim. Sci, 75-7, 1861-1866

TEURNIER B., 1994.

Des huiles essentielles pour une meilleure efficacité alimentaire. Atout porc, sept. 1994, 9-10.

THOMKE S., ELWINGER K., 1998.

Growth promotants in feeding pigs and poultry. Ann Zootech, 47, 85-97.

VANBELLE M., TELLER E., FOCANT M., BRUYER D., 1990.

Utilisation des enzymes dans l'alimentation des monogastriques. Publication n° 58 Unité de Bioch. de la Nutr., Univ. Cath. de Louvain, éd, Louvain-la-neuve, Belgique.

WOLTER R., HENRY N., 1987.

Bactéries lactiques et alimentation animale. Bull. d'Inf., Station Exp. d'Avic. de ploufragan, 27, 108-119.

WOLTER R., DUNOYER-BEERNAERT C., HENRY N., SEEGMULLER S., 1990.

La kaolinite du Bassin des Charentes en alimentation animale. Innocuité et efficacité zootechnique. Rec. Méd. Vét., 166, (5), 487-499.

WOLTER R., 1995.

Probiotiques, prébiotiques, parabiotiques. In : "Symposium Alimentation animale et santé publique – Additifs sans résidus" ENV Alfort. 17-18 mai 1995. Commission Int. des Indus. Agric. et Alim. éd, Paris.

Figure 1 - Incidence des additifs antibiotiques utilisés avant 1999 sur les performances en post sevrage
 Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 39 comparaisons (doses réglementaires)

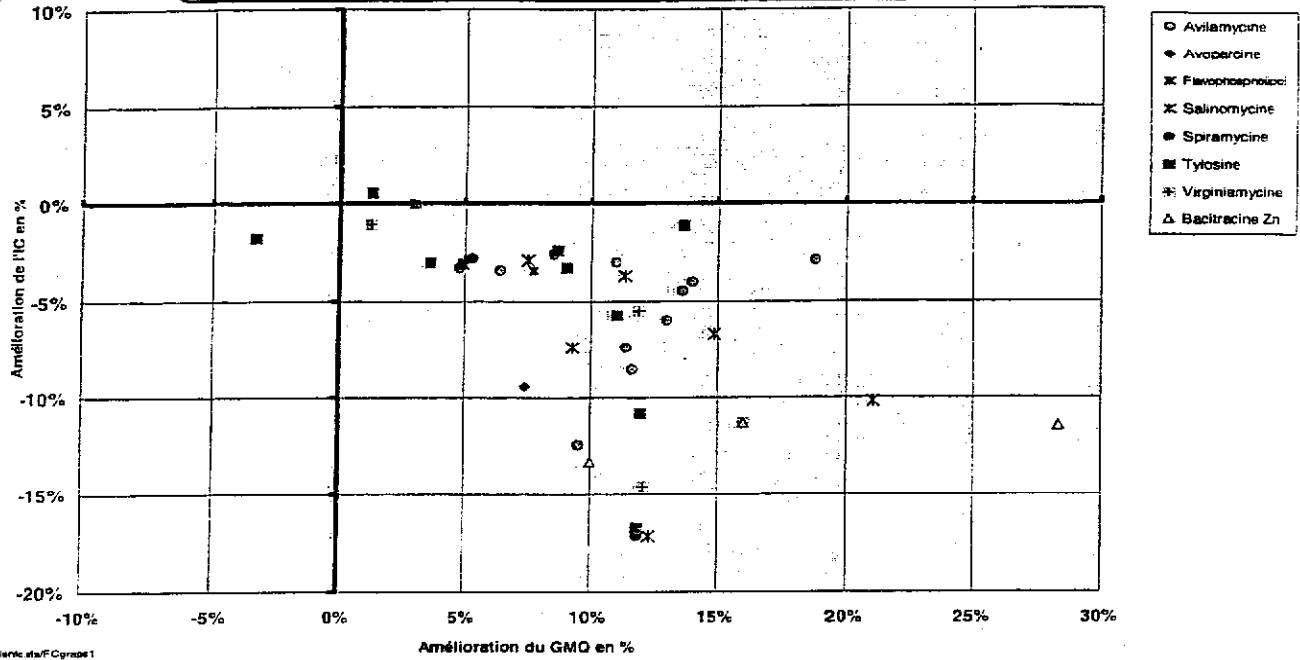


Figure 2 - Incidence des additifs antibiotiques autorisés après 1999 sur les performances en post sevrage
 Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 18 comparaisons (doses réglementaires)

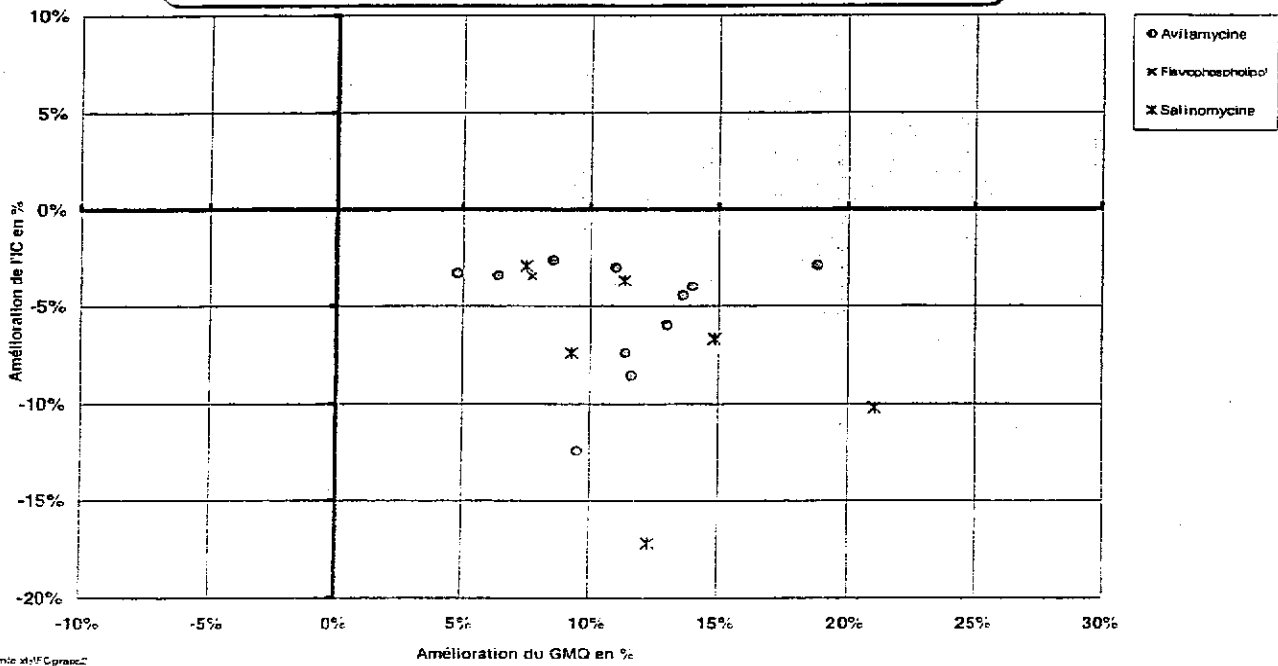


Figure 3 - Incidence des facteurs de croissance (Carbadox, Olaquinox) sur les performances en post sevrage

Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 11 comparaisons (doses réglementaires)

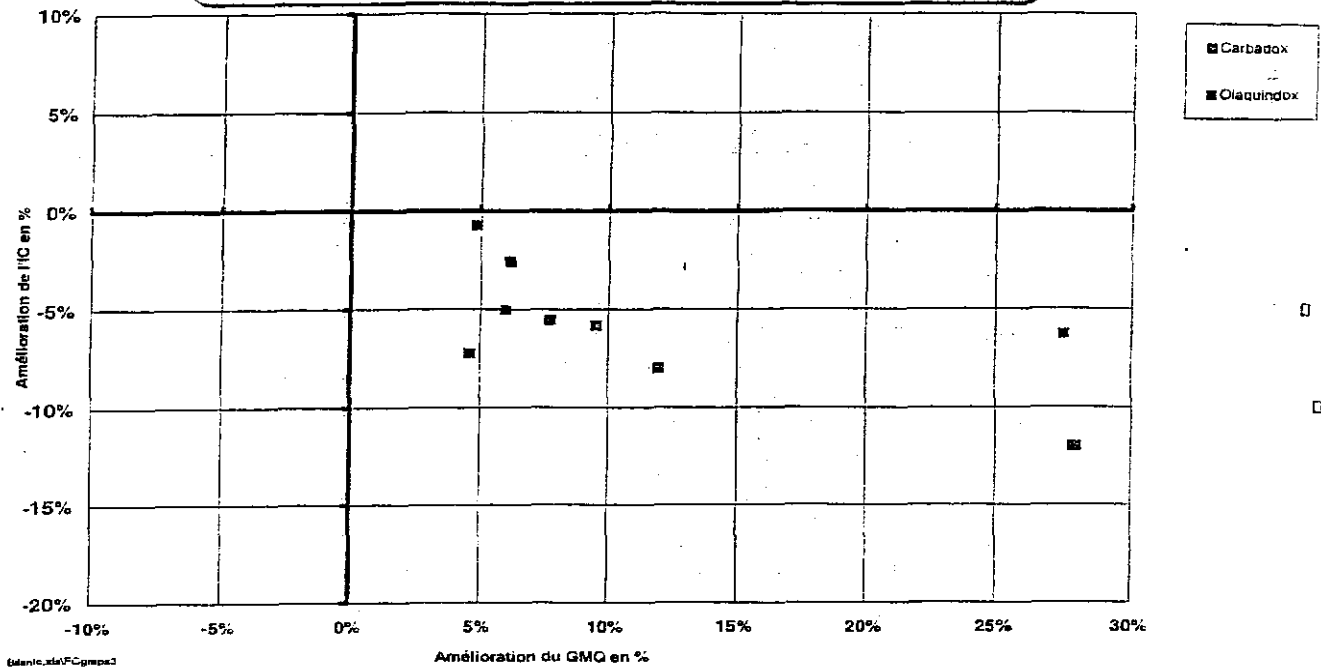


Figure 4 - Incidence des additifs antibiotiques utilisés avant 1999 sur les performances en engraissement

Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 72 comparaisons (doses réglementaires)

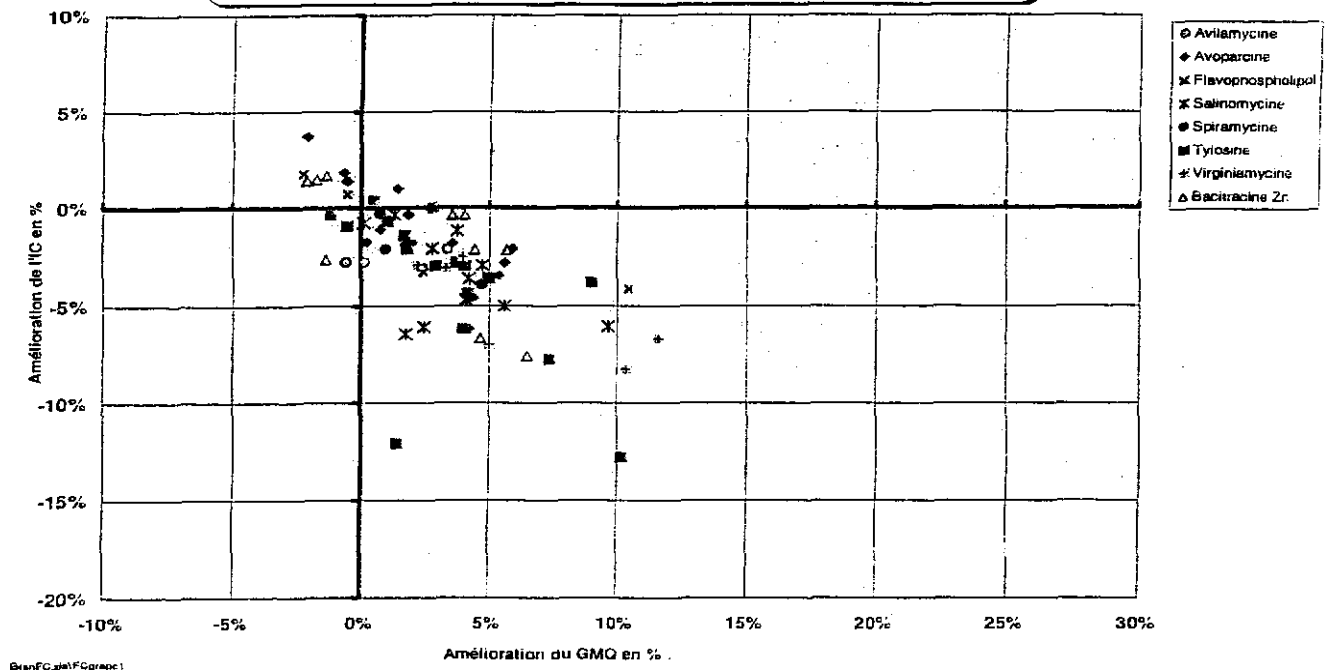
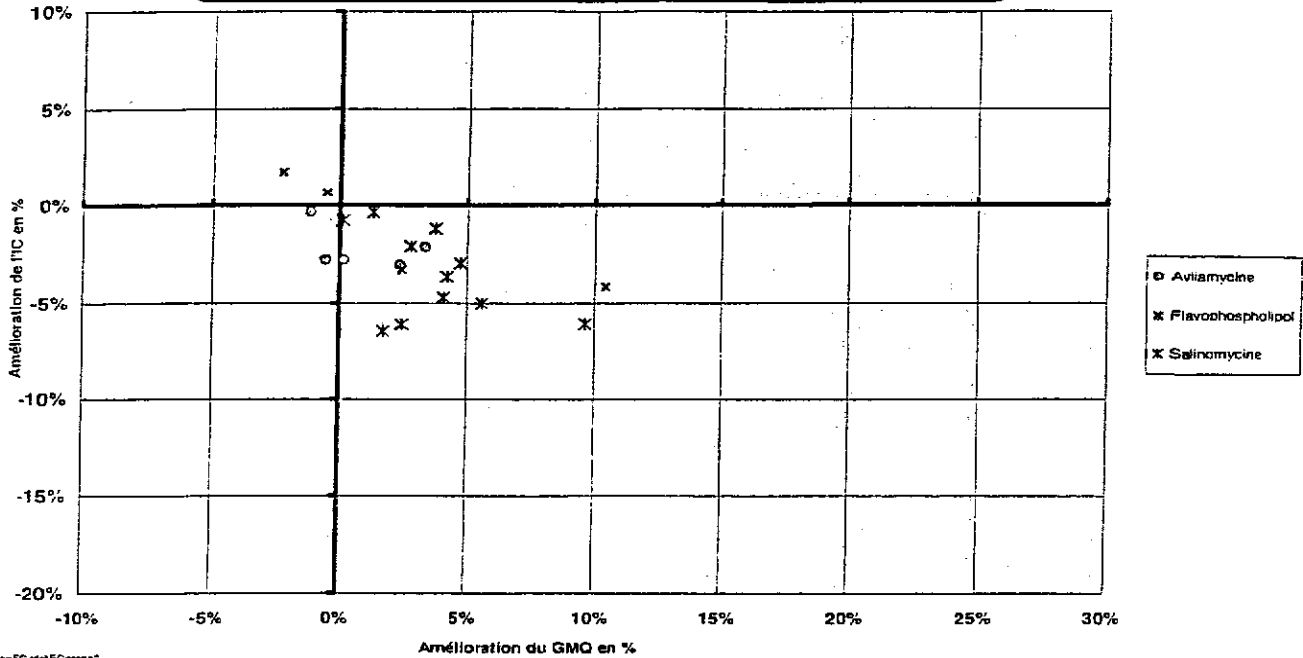


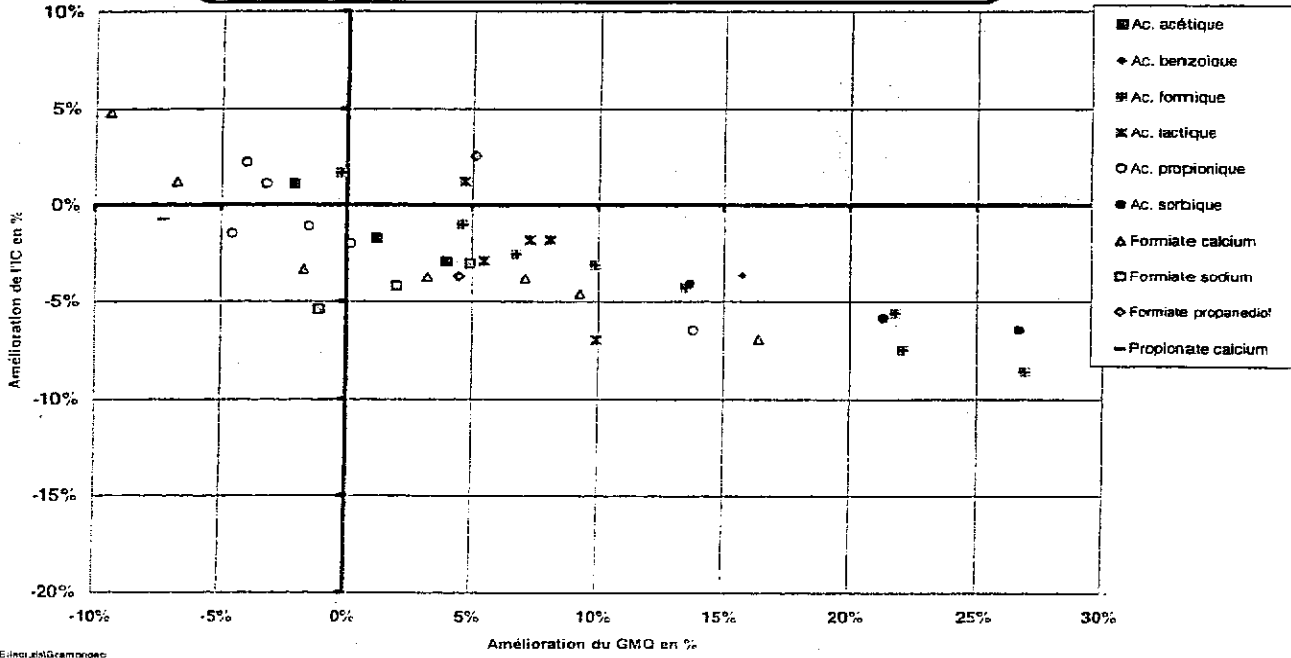
Figure 5 - Incidence des additifs antibiotiques autorisés après 1999 sur les performances en engraissement
Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 21 comparaisons (doses réglementaires)



BienFC:ataFCgracc2

Figure 6 - Incidence des monoacides sur les performances zootechniques en post sevrage

Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 42 comparaisons



Ellec:ataFCgracc2

Figure 7 - Incidence des di-acides et des tri-acides sur les performances zootechniques en post sevrage

Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 33 comparaisons

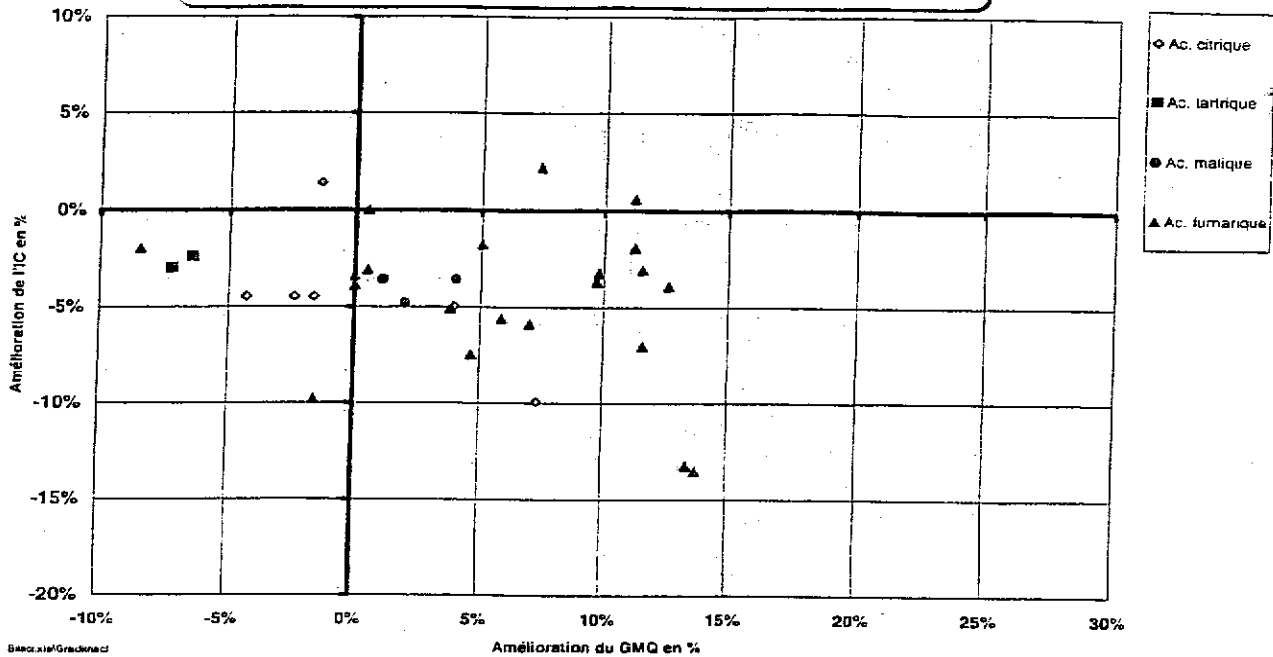


Figure 8 - Incidence des complexes acidifiants sur les performances zootechniques en post sevrage

Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 41 comparaisons

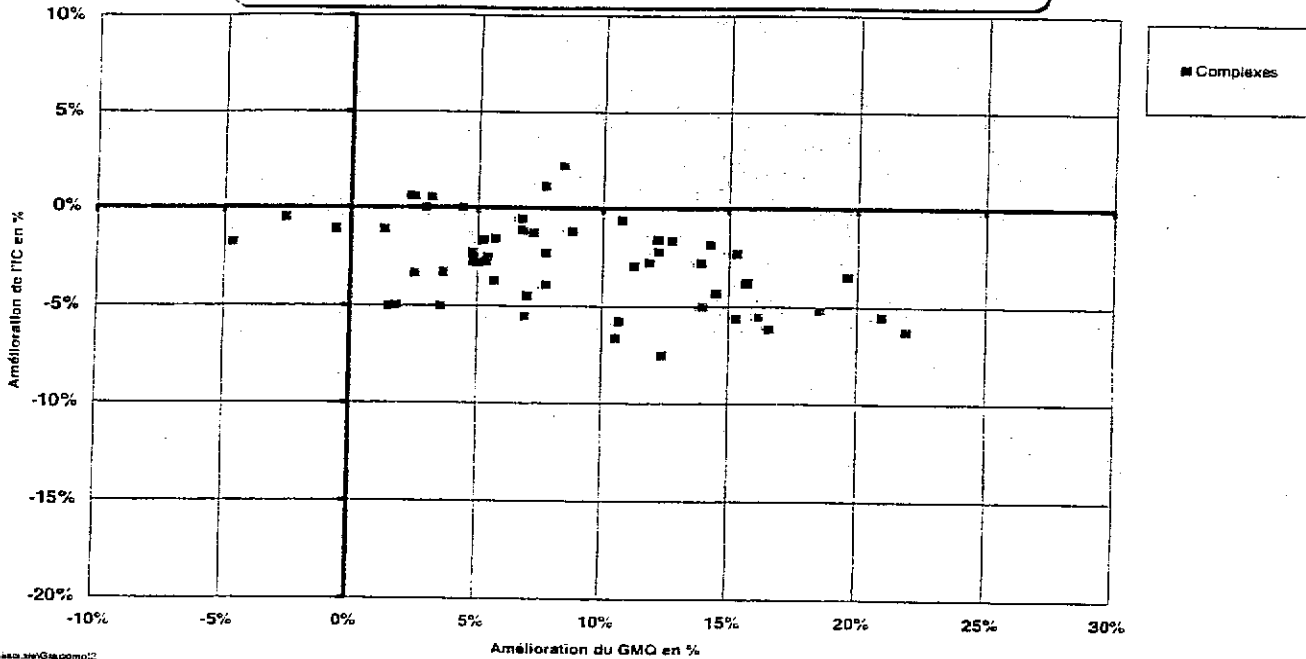
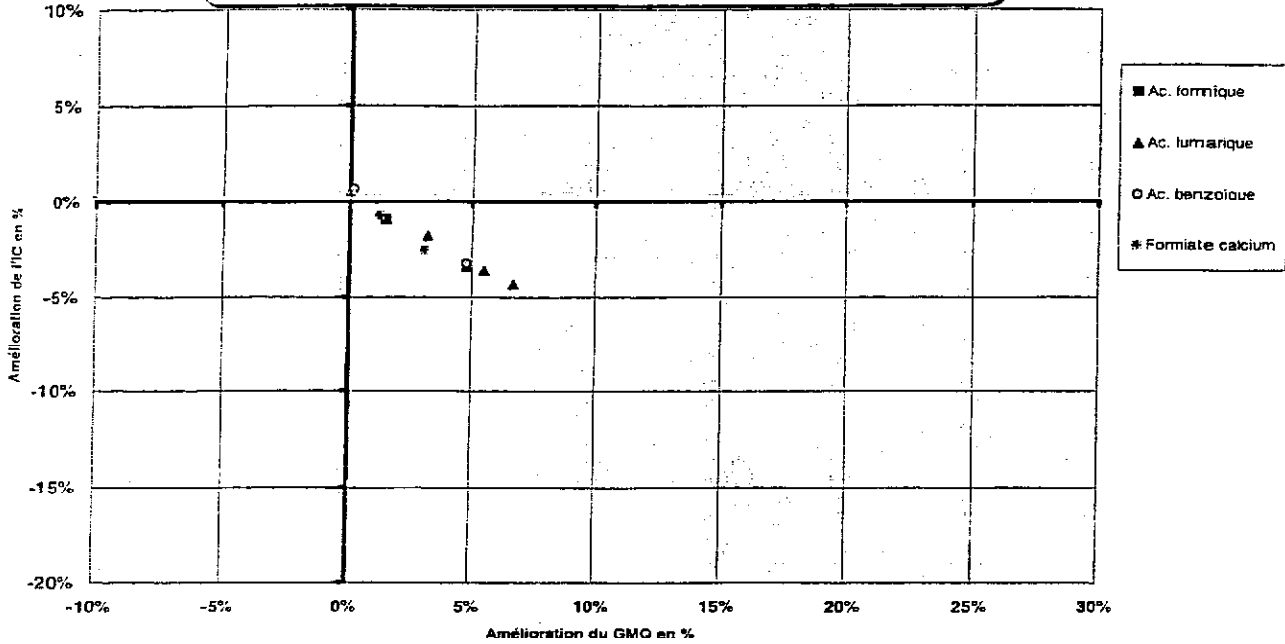


Figure 9 - Incidence des acides organiques sur les performances zootechniques en engraissement

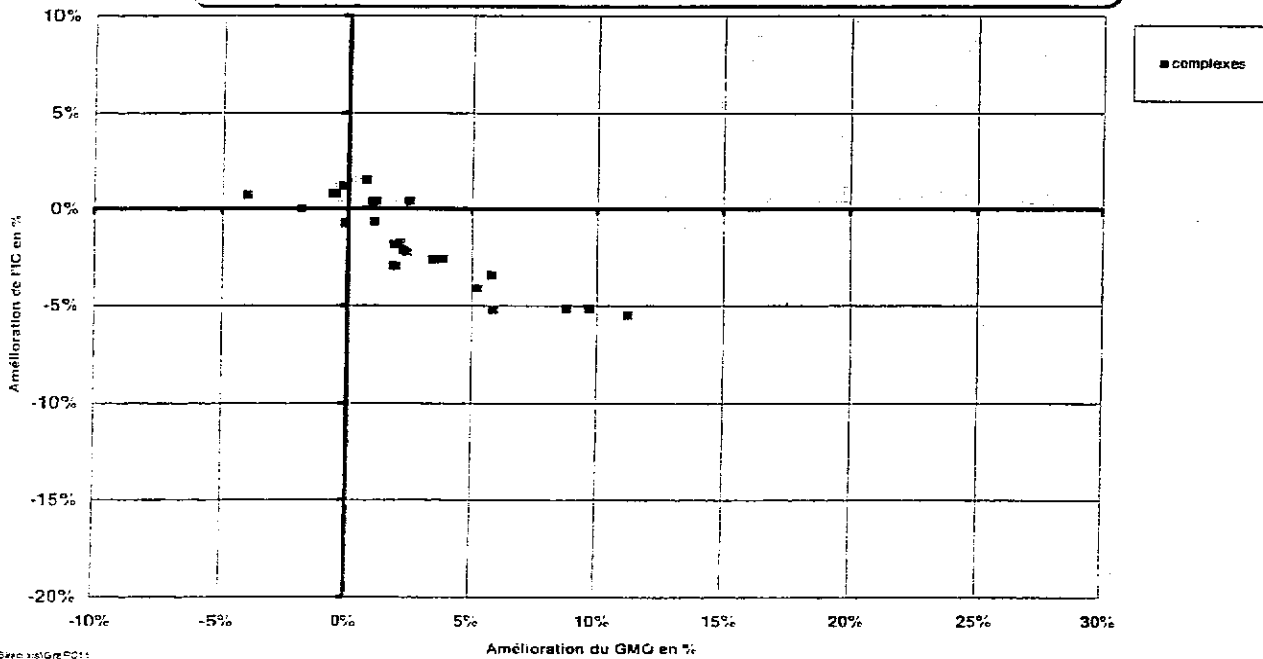
Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 10 comparaisons



Breco 216GaPC2

Figure 10- Incidence des complexes acidifiants sur les performances zootechniques en engraissement

Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 25 comparaisons



Breco 216GaPC2

Figure 11 - Incidence des préparations à base d'enzymes sur les performances zootechniques en post sevrage
 Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 28 comparaisons (doses réglementaires)

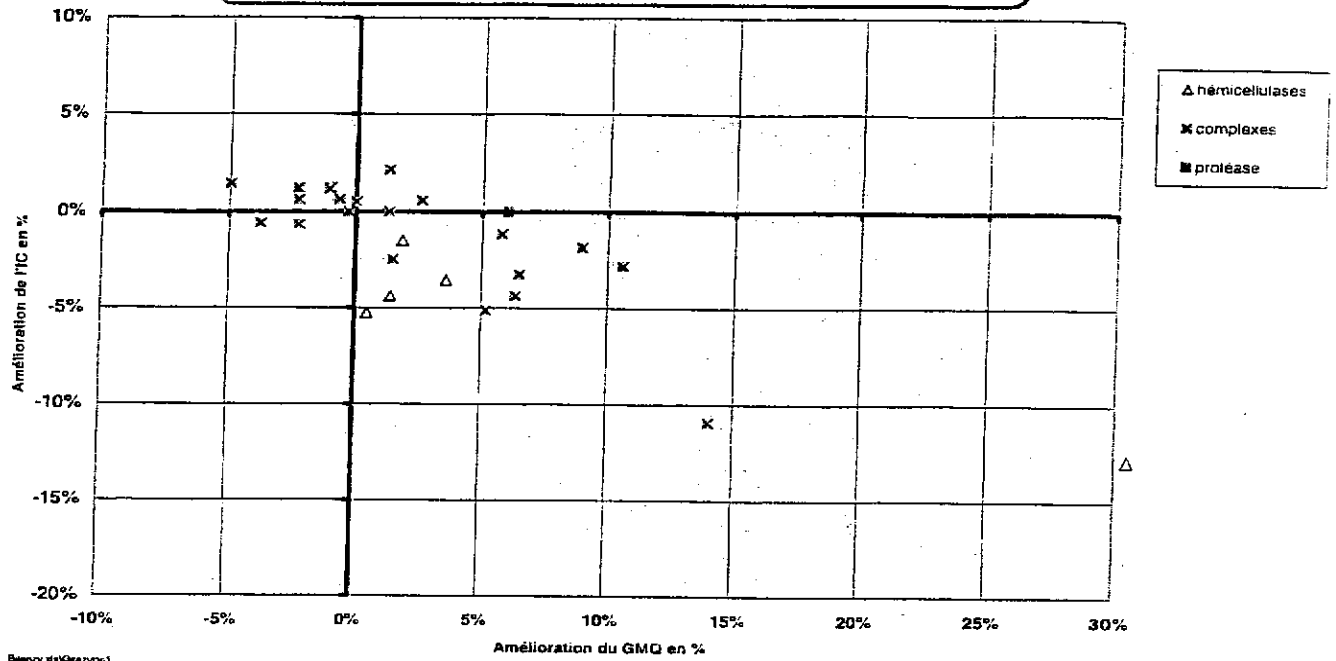


Figure 12 - Incidence des préparations enzymatiques sur les performances zootechniques en engraissement
 Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 21 comparaisons (doses réglementaires)

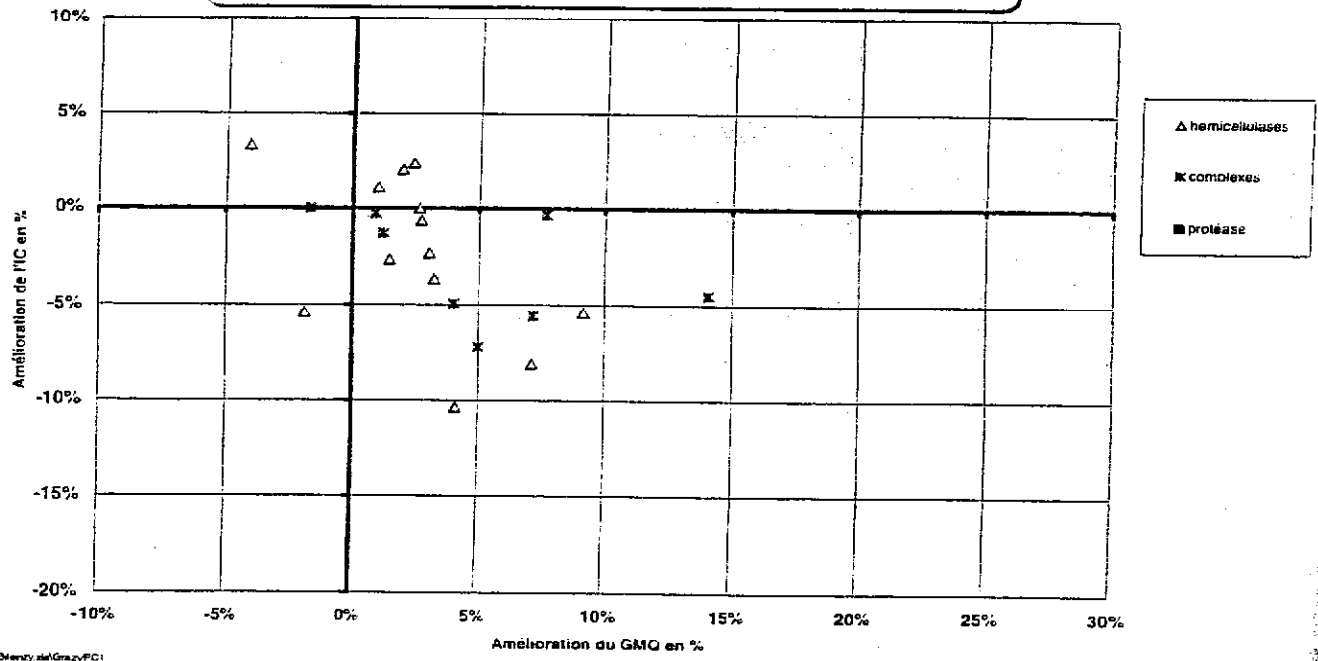


Figure 13 - Incidence des probiotiques bactériens et des complexes sur les performances zootechniques en post sevrage
Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 32 comparaisons

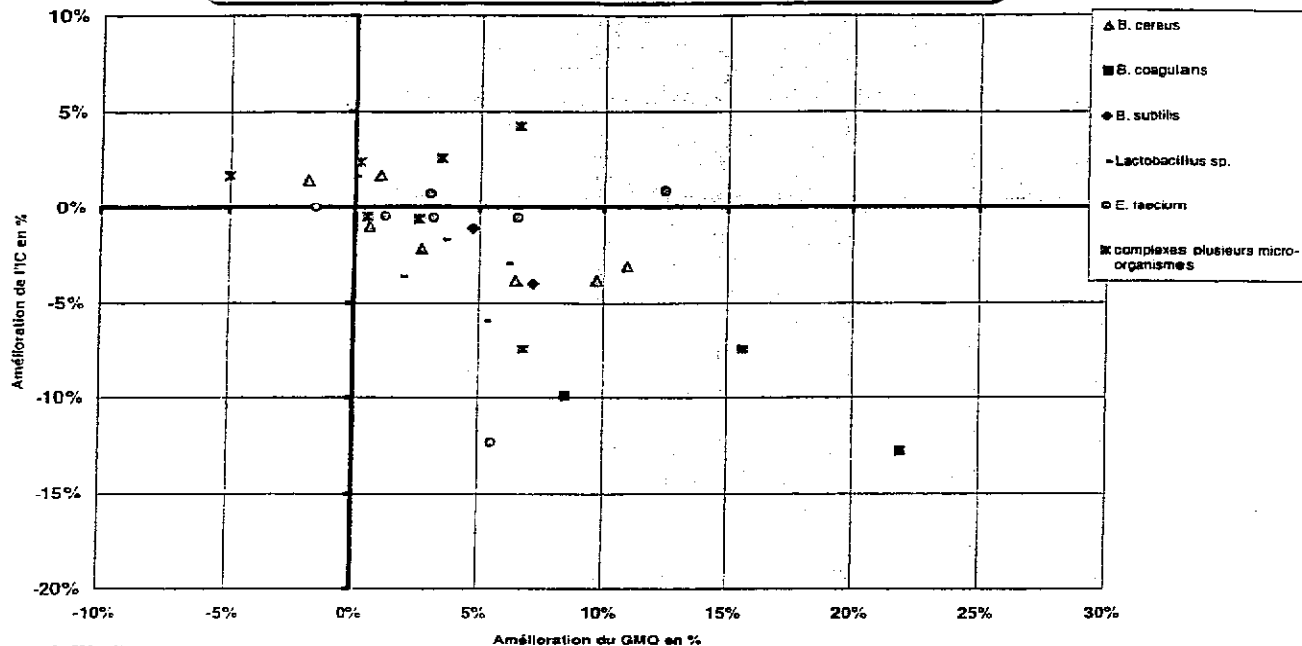


Figure 14 - Incidence des probiotiques fongiques sur les performances zootechniques des porcelets
Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 14 comparaisons

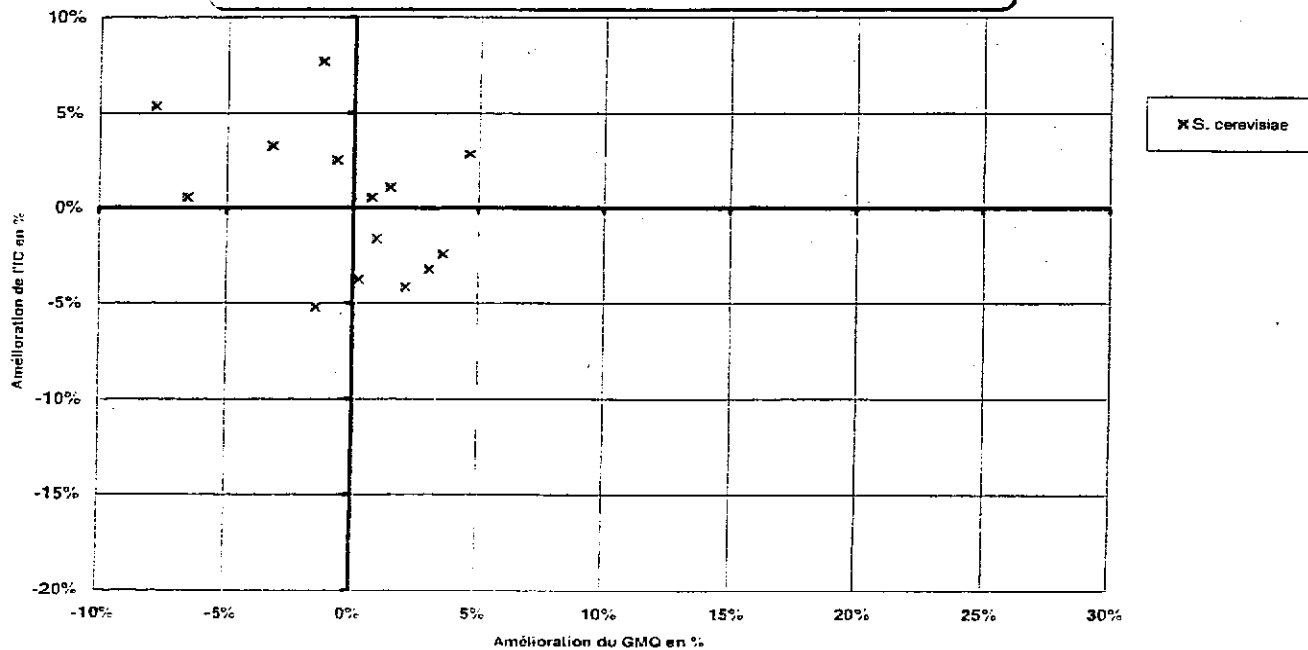
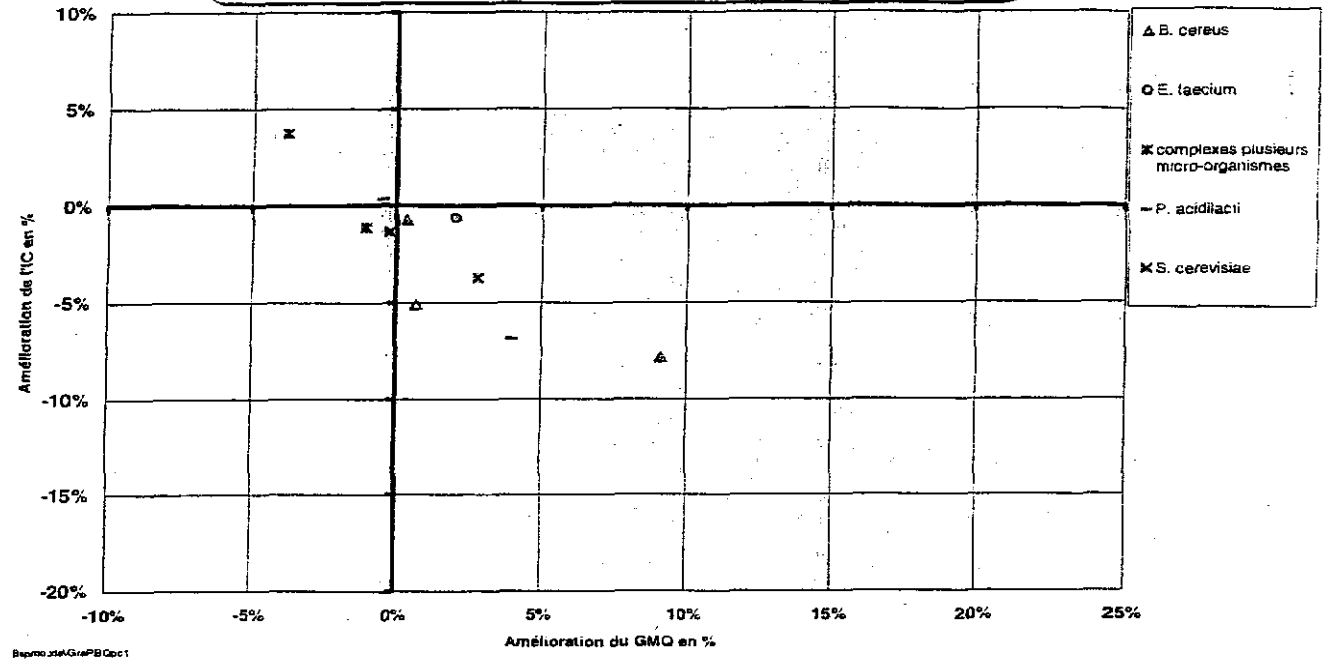
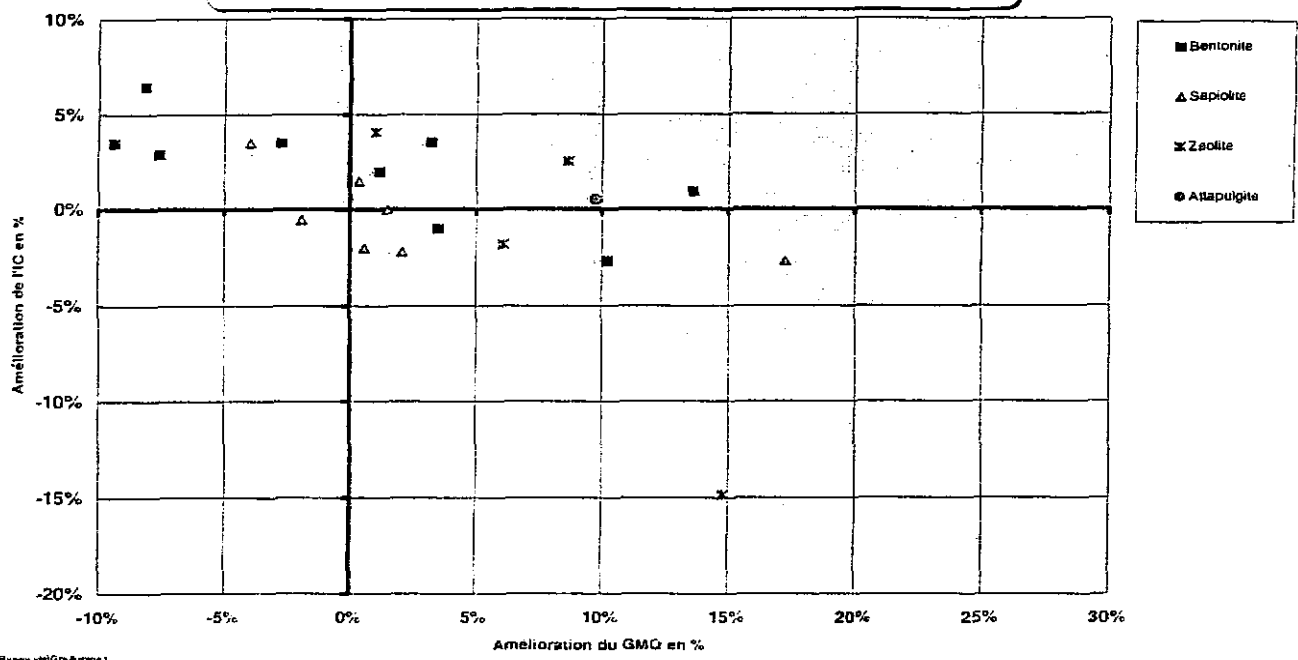


Figure 15 - Incidence des probiotiques bactériens et fongiques sur les performances zootechniques en engraissement
 Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 10 comparaisons



Repro. site GiraPB Doc 1

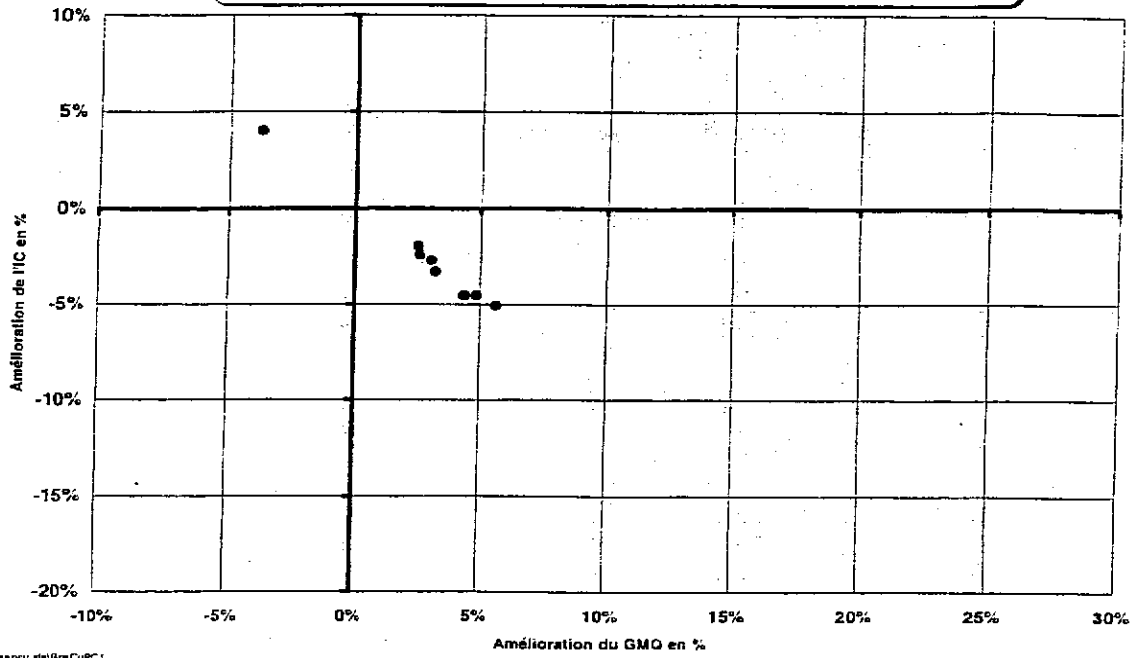
Figure 16 - Incidence des argiles sur les performances zootechniques en post sevrage
 Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 20 comparaisons



Repro. site Gira Arppa 1

Figure 19 - Incidence du sulfate de cuivre sur les performances zootecniques en engraissement

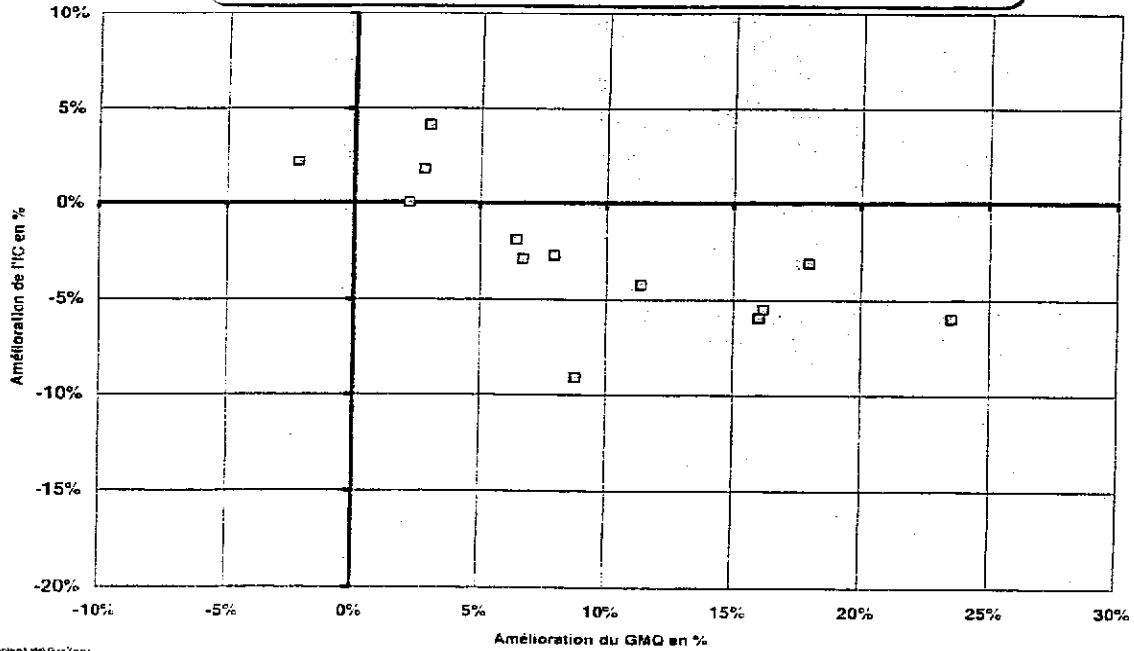
Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 8 comparaisons



Branche: 0409 CuPC1

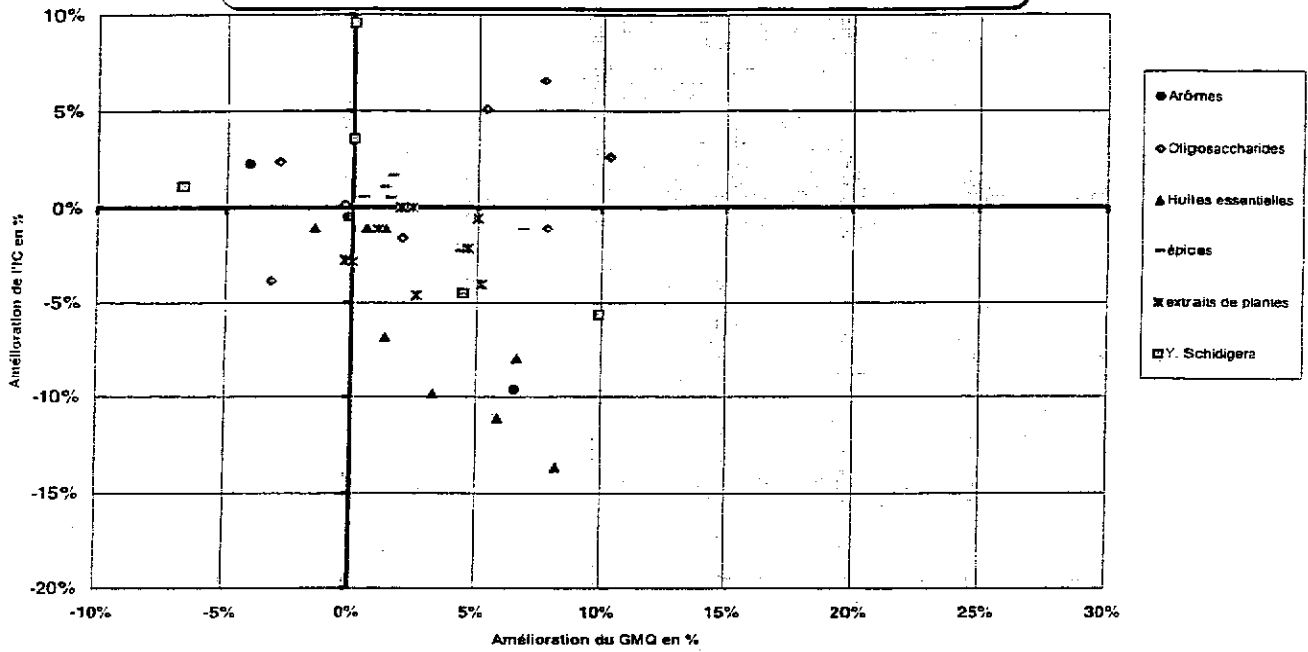
Figure 20 - Incidence de doses élevées d'oxyde de zinc après le sevrage sur les performances zootecniques en post sevrage

Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 13 comparaisons



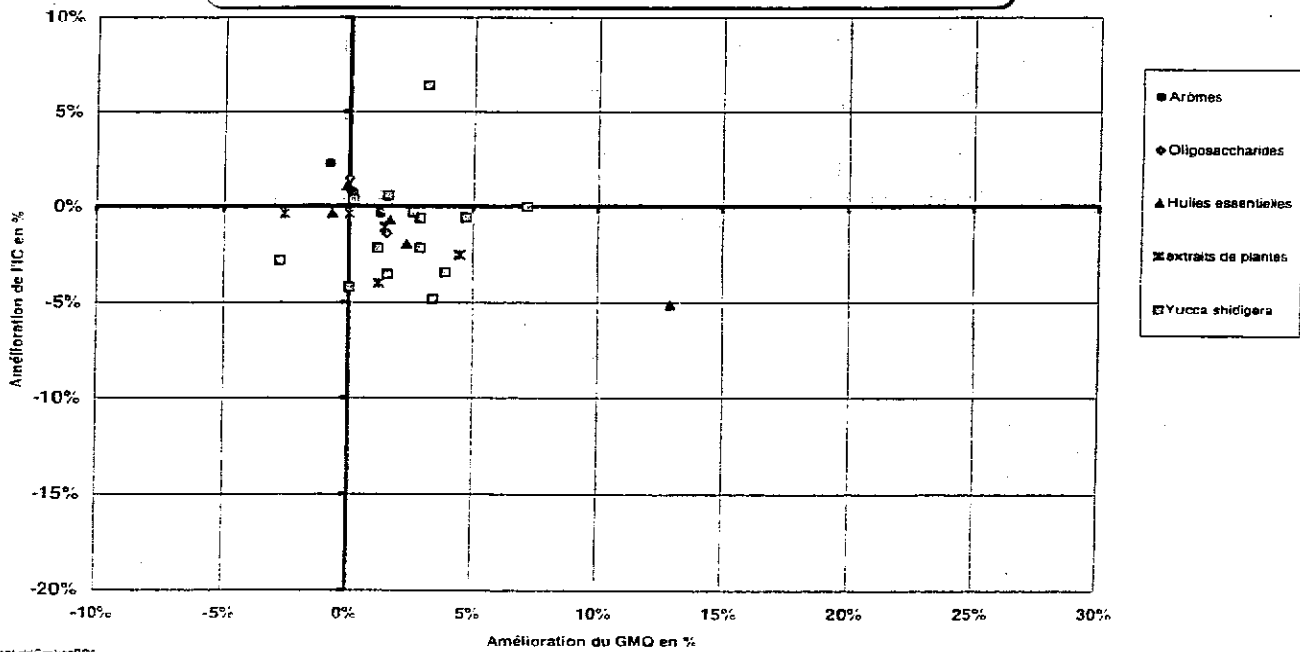
Branche: 0409 ZnPC1

Figure 21 - Incidence de diverses préparations d'origine végétale sur les performances zootechniques en post sevrage
 Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 42 comparaisons



Bertrand, et al. Orvvegpa2

Figure 22 - Incidence de diverses préparations d'origine végétale sur les performances zootechniques en engraissement
 Effet sur le GMQ et l'IC en % par rapport au témoin pour 29 comparaisons



Bertrand, et al. OrvvegPC2

Troisième partie

Aspects économiques

Introduction

Les facteurs de croissance antibiotiques et stricto sensu ont joué un rôle important dans le développement des systèmes d'élevage intensif. Leur incorporation dans l'alimentation animale a permis d'améliorer les conditions sanitaires des animaux et d'accroître la productivité des élevages, tout en diminuant simultanément les coûts de production.

En dépit des réglementations existant dans l'Union Européenne, l'utilisation des antibiotiques comme additifs en alimentation animale a été fortement remise en question depuis le milieu des années quatre-vingt dix, en particulier sous l'influence des gouvernements de certains pays européens tels que la Suède. En effet, la recrudescence et la gravité des problèmes liés à l'antibiorésistance notamment en milieu hospitalier ont conduit la communauté scientifique à recommander un usage plus restreint des antibiotiques en médecine humaine et vétérinaire et pour les autres usages.

En élevage, cette situation a conduit à la suppression, pour l'espèce porcine, de quatre antibiotiques facteurs de croissance à partir de juillet 1999 (à savoir le phosphate de tylosine, la spiramycine, la bacitracine-zinc, la virginiamycine) et de deux autres facteurs de croissance sensu stricto à partir de septembre 1999 (l'olaquinox et le carbadox) par la Commission Européenne au nom du principe de précaution.

Cette décision modifie les conditions de la compétitivité économique de la production porcine européenne à plusieurs niveaux.

Tout d'abord, d'autres grands ensembles économiques tels les Etats-Unis n'ont pas modifié leur législation.

Par ailleurs, avant l'interdiction de leur utilisation comme facteurs de croissance, les antibiotiques coûtaient dans la production de porcelets moins d'un centime par kilo d'aliment et leur efficacité était démontrée. Le coût des trois antibiotiques restant autorisés comme additifs en alimentation pour la production porcine, à savoir l'avilamycine, la salinomycine et le flavophospholipol, varie de 1 à 4 centimes supplémentaires.

Enfin, le contexte européen laisse penser que la réglementation pourrait évoluer dans le sens d'une suspension totale des antibiotiques.

Cette suppression étant de nature à engendrer des diminutions de performance de croissance, mais aussi un renforcement des problèmes digestifs au moment du sevrage, voire des problèmes environnementaux et globalement des pertes économiques pour la filière porcine, ses acteurs se tournent aujourd'hui vers la recherche de solutions afin de pallier ces pertes économiques.

La première, majoritairement adoptée, consiste à continuer d'utiliser les additifs antibiotiques encore autorisés.

Des mesures d'amélioration des conditions d'élevage et des conditions sanitaires ont également été mises en place.

Des efforts pour la sécurisation des formules alimentaires sont aussi réalisés, notamment par le choix de matières premières de qualité, et par l'amélioration de la digestibilité de ces formules.

D'autre part, des efforts importants sont mis en oeuvre par l'industrie de l'alimentation animale pour déterminer l'additif ou l'association, présentant, pour un coût raisonnable, l'essentiel des avantages des antibiotiques. Ces investigations portent actuellement sur les produits suivants :

- enzymes,
- acidifiants,
- probiotiques,
- prébiotiques,
- argiles,
- huiles essentielles.

Nous tenterons en référence à la situation qui prévalait avant 1999 (utilisation d'additifs antibiotiques), d'évaluer les surcoûts résultant des baisses de performances déterminées par l'arrêt de certaines substances antibiotiques, voire de toutes, et ceux liés à l'utilisation d'additifs non antibiotiques ayant des effets similaires.

Ce travail analyse l'impact économique moyen de ces changements de pratiques. Dans les conditions de l'élevage, des adaptations peuvent avoir lieu qui diminuent cet impact. Aussi, selon le niveau de performance et l'état sanitaire de l'élevage, l'impact zootechnique et économique du retrait des antibiotiques peut varier sensiblement.

1. Présentation de l'étude économique

1.1. La consommation des antibiotiques facteurs de croissance par les animaux d'élevage en France et en Europe

En France

Le recours aux antibiotiques facteurs de croissance en élevage apparaissait avant 1999 largement répandu en France et en Europe. En effet en 1998, 80 % des élevages de porcs, 35 à 40 % des élevages de taurillons et 80 % de la production des volailles (hors label) font appel aux antibiotiques.

La consommation globale française en 1997 s'élevait à 145 tonnes en production porcine (Bories et Louisot, 1998).

Tableau 1 – Part du chiffre d'affaires des substances antibiotiques en France

	en Millions de F	en %
Facteurs de croissance	96 MF	0.9
Antibiothérapie vétérinaire	1 287 MF	12.6
Antibiothérapie humaine (dont 6 567 MF en ville et 2 274 MF à l'hôpital)	8 842 MF	86.5
TOTAL	10 225 MF	100 %

Source: SYNPA, SNIP, SIMV, 1996 (cités par Provost, 1998)

En Europe

Tableau 2 - Estimation de l'utilisation annuelle d'antibiotiques chez les humains et les animaux en 1997

	Tonnes de matière active	(%)
Utilisation humaine (hôpitaux et généralistes)	5400	(52)
Utilisation vétérinaire (thérapeutique)	3494	(33)
Facteurs de croissance en alimentation animale	1599	(15)
TOTAL	10493	(100)

Source: FEDESA (Fédération Européenne des Entreprises de la Santé Animale), Copenhague, 1998, citée par European Commission, 1999.

En Europe, les tétracyclines à caractère bactériostatique (utilisés en médecine vétérinaire) représentent près de la moitié des antibiotiques utilisés chez l'animal (tableau 3)

Tableau 3 - Estimation des volumes de vente des antimicrobiens pour animaux, en 1997, en Europe (en T. de matière active)

Groupe d'antibiotiques	Tonnes de matière active
à titre thérapeutique :	
Pénicilline	322
Tétracyclines	<u>2294</u>
Macrolides	424
Aminoglycosides	154
Fluoroquinolones	43
Triméthoprim/sulfamides	75
divers	182
<i>sous-total</i>	3 494
additifs facteurs de croissance	1599
TOTAL	5093

(Source : FEDESA, FEFANA, 1998, citée par European Commission, 1999).

Ces données tendent à montrer que en raison d'un coût de revient et d'un prix de vente plus faible des molécules, la part liée au marché de l'alimentation animale dans le chiffre d'affaires global des antibiotiques est très inférieure au tonnage correspondant.

1.2. Objectifs

Il s'agit d'appréhender l'impact de la suppression des antibiotiques sur le résultat de l'activité de production du porc charcutier en France. A cet effet, un modèle, défini pour un élevage naisseur-engraisseur, a été établi. La variable "cible" retenue est un différentiel portant sur le coût de production du porc charcutier (exprimé ici par porc produit).

Les coûts de production obtenus dans des conditions de production différentes, respectivement avant et après la suppression de l'utilisation d'antibiotiques facteurs de croissance, sont alors comparés. La situation "après" peut comporter différents scénarios : suppression totale des antibiotiques, utilisation raisonnée de substances encore autorisées, mise en oeuvre de solutions "alternatives" utilisant différentes substances : enzymes, acides...

Il s'agit bien d'évaluer une différence de résultat entre deux systèmes de production stabilisés, optimisés (sur le plan de l'utilisation des bâtiments, du poids de vente des animaux...) et non de chiffrer l'incidence, dans un élevage donné, des transformations nécessaires (bâtiments...) pour passer de l'état initial (avec antibiotiques...) à l'état final (sans ou avec utilisation restreinte d'antibiotiques).¹

Afin d'appréhender le niveau et la variation du coût de production, il importe d'identifier, de modéliser et de quantifier chacun des postes élémentaires (et, au préalable, les paramètres et les prix unitaires) mis en jeu par cette décision.

1.3. Paramètres affectés par le bannissement des facteurs de croissance

1.3.1. Paramètres techniques

L'incidence de la décision de la suppression des antibiotiques facteurs de croissance sur les paramètres zootechniques est appréhendée au travers des résultats de la bibliographie (voir partie 2). Les paramètres principaux sont la vitesse de croissance (GMQ) et l'efficacité alimentaire (IC), tant en post-sevrage qu'en engraissement.

La fréquence des problèmes sanitaires en post-sevrage étant présumée augmenter après la suppression des facteurs de croissance antibiotiques, une incidence était attendue sur le taux de pertes et sur le coût de la médication vétérinaire. Cependant, compte tenu de la diversité des conditions expérimentales, elle ne ressort pas clairement des références disponibles dans la littérature. Les conclusions varient également beaucoup en ce qui concerne l'impact sur la qualité des carcasses.

Les seules phases d'élevage considérées dans le modèle de calcul sont le post-sevrage et l'engraissement, l'incidence sur la productivité des truies n'étant pas prise en compte ici.

Seules ont été retenues les études zootechniques concernant les produits antibiotiques et facteurs de croissance autorisés à l'usage avant le 1^{er} septembre 1999, ceux autorisés après cette date et les additifs non antibiotiques de substitution. Ces résultats expérimentaux concernent les phases complètes de post-sevrage et d'engraissement.

La variabilité observée dans les réponses (traitement par rapport au témoin) en terme d'amélioration relative du GMQ et de l'IC a conduit à formuler dans chaque situation, à partir de l'analyse de cette variabilité (moyenne et écart-type des résultats) une hypothèse haute et une hypothèse basse.

D'autres types de produits, comme les argiles, les arômes, certains extraits végétaux ou les huiles essentielles, peuvent être présents sur le marché et considérés comme des réponses possibles à la suppression des antibiotiques. Cependant, aucune hypothèse économique n'a été retenue à leur sujet.

1.3.2. Paramètres économiques

Les additifs alimentaires ont bien évidemment un prix. Leur suppression affecte donc le prix de l'aliment concerné. Une enquête téléphonique a été conduite auprès d'une quinzaine de

¹ D'autres réponses pourraient être recherchées par l'éleveur telles que :

- produire des porcs plus légers si la capacité du bâtiment ne permet pas de supporter un allongement de la durée d'engraissement. Cependant, cette solution a des conséquences sur le produit (poids des animaux, teneur en muscle...), ce qui n'est a priori pas souhaitable au regard des exigences de la filière. Elle ne sera donc pas retenue.
- réduire les vides sanitaires mais cette solution n'est évidemment pas recommandable.

firmes d'aliments (firmes services, fournisseurs d'additifs, fabricants d'aliments composés...) afin de recenser les prix des différents additifs, antibiotiques ou non, payés aux fournisseurs, ainsi que les pratiques d'utilisation de ces produits (avant et après le retrait).

Les prix retenus représentent pour chaque produit la moyenne arithmétique des valeurs communiquées par les entreprises.

Le taux d'incorporation de l'additif est susceptible de modifier la réponse zootechnique attendue. Cependant, les fourchettes d'utilisation étant précisées par la réglementation ou recommandées par les fabricants, les variations des doses utilisées dans les aliments sont en réalité assez faibles. L'enquête réalisée a confirmé cette relative homogénéité des pratiques des professionnels interrogés. La dose retenue dans les évaluations est la moyenne des niveaux d'incorporation annoncés, pour chaque produit, par ces sociétés.

1.3.3. Paramètres environnementaux

Les rejets sont modifiés en même temps que l'efficacité alimentaire. Toutefois, nous ne retiendrons pas de paramètres environnementaux par manque de références permettant de les intégrer aux calculs.

1.4. Définition des scénarios

Les variables d'action retenues sont celles dont l'impact est avéré par la bibliographie, soit :

- l'indice de consommation et le gain moyen quotidien en post-sevrage et engraissement ;
- l'incidence sur le prix de l'aliment.

1.4.1. Les situations étudiées

La méthode consiste à approcher l'écart sur le coût de production du porc charcutier entre deux situations différant par les modalités d'utilisation des facteurs de croissance.

La situation de référence rend compte du contexte réglementaire ayant prévalu jusqu'au 01/09/99.

La plupart des références bibliographiques appréhendant l'incidence d'un produit donné sur les performances techniques sont établies en comparaison avec une situation témoin "sans antibiotique" ; une première étape du travail consiste donc à évaluer l'incidence sur le coût de production d'une suppression totale des antibiotiques.

Dans une seconde étape, cette situation sans antibiotique est comparée aux différentes stratégies possibles dans le contexte réglementaire nouveau, soit l'utilisation des antibiotiques encore autorisés, ou celle de différents produits visant à pallier leur disparition (enzymes, acides, ...). Dans chaque cas, la différence de coût entre les deux situations est approchée pour trois niveaux d'intensité de la réponse technique attendue : moyenne (la plus vraisemblable au regard des données de la bibliographie), optimiste et pessimiste.

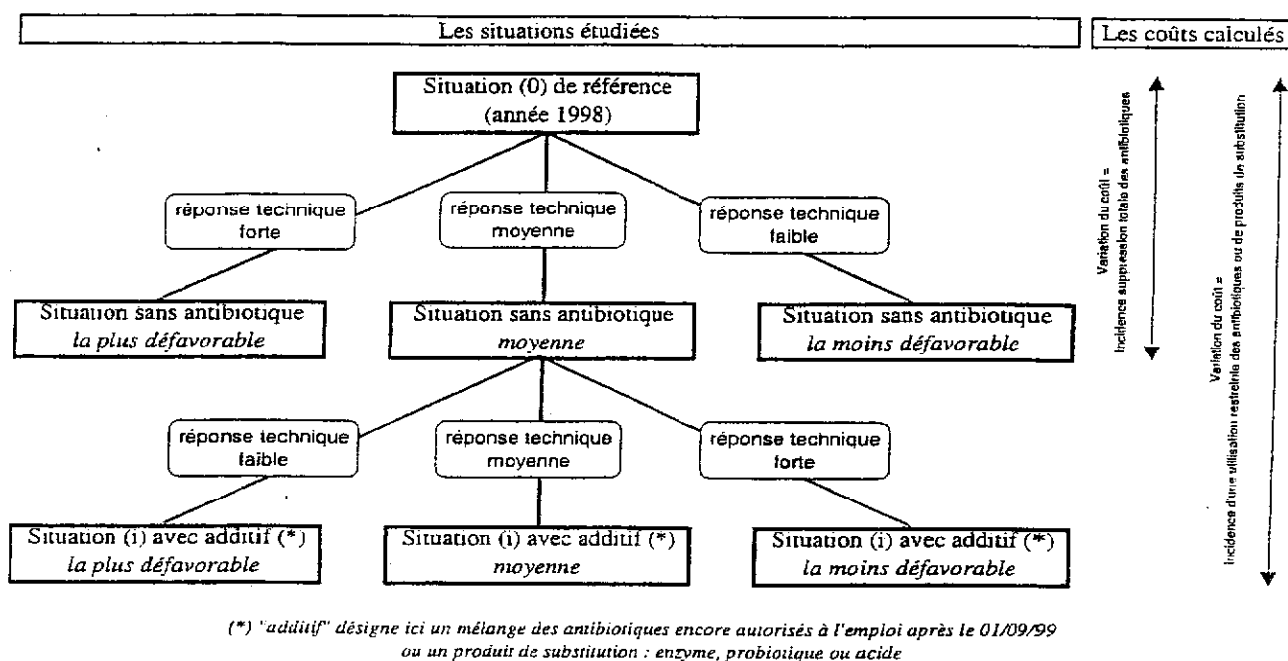
Dans la situation précédente (avant le 1^{er} septembre 99), des additifs (enzymes, acides...) pouvaient être utilisés dans certains cas en association avec des antibiotiques dans les aliments porc, des effets cumulatifs étant recherchés, surtout de nature zootechnique, sanitaire (contrôle de la qualité des déjections, diminution du recours aux médicaments...). Cette association avait donc pour objet de renforcer la "sécurité" dans les pratiques d'élevage. L'utilisation de ces additifs concernait surtout les aliments porcelet 1^{er} âge (près de 80 % des aliments 1^{er} âge étaient supplémentés), parfois les aliments 2^{ème} âge, mais exceptionnellement le porc charcutier. Le coût de ces produits avoisinait 3 à 8 ct/kg. Cette réalité a été confirmée par la consultation de quelques firmes importantes d'aliment du bétail.

La situation "zéro" dans notre modèle ne représente donc pas un aliment "blanc" exempt de tout ajout, ces additifs pouvant être employés dans la situation initiale. Le surcoût appréhendé dans les scénarios résulte de l'utilisation "supplémentaire" d'additifs (par rapport aux pratiques antérieures) avec pour objectif de remplacer les antibiotiques.

La figure 1 présente l'ensemble des situations étudiées et leur enchaînement ; on observera en particulier que la situation "sans antibiotique" (situation de base dans l'étape 2) dérive de la situation initiale par l'application, au cours de l'étape 1, de l'hypothèse dite moyenne.

Les situations définies envisagent l'effet de chaque type de produit considéré isolément. La réalité est souvent plus complexe ; en effet, ces produits peuvent être aussi utilisés en association, des synergies étant recherchées, de nature zootechnique ou sanitaire. Cependant, la multiplicité des combinaisons et la difficulté de disposer des références scientifiques suffisantes concernant chacune d'elles rendent leur prise en compte difficile.

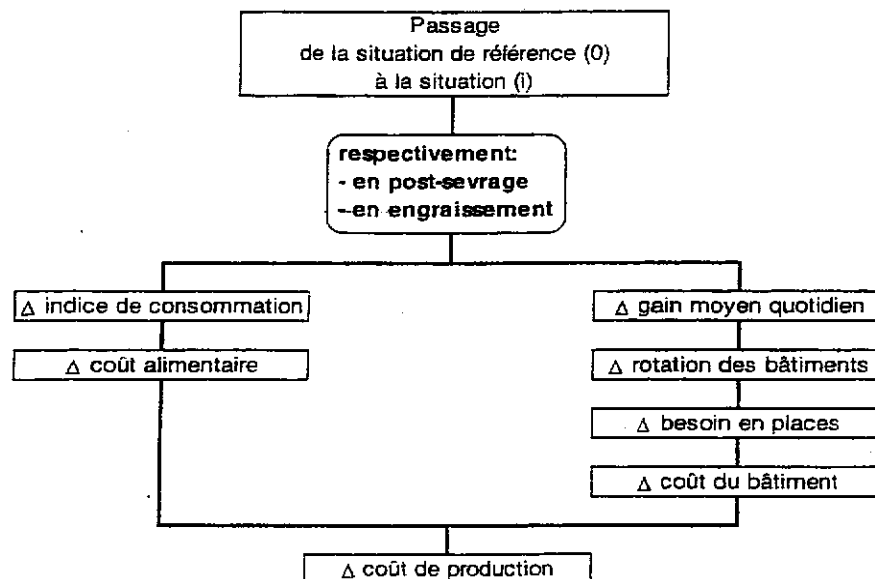
Figure 1 - Les situations étudiées



1.4.2. Structure du modèle de calcul

A partir des éléments techniques précédemment discutés (cf. partie 2 zootechnique), la vitesse de croissance et l'efficacité alimentaire, en post-sevrage et en engraissement, ont été considérées comme les seuls éléments affectés de manière claire par les restrictions à l'usage des facteurs de croissance antibiotiques.

Figure 2 - Structure du modèle de calcul



Le modèle (figure 2) exprime la variation du coût entre une situation (notée i) correspondant à l'utilisation d'une substance donnée et la situation de référence (notée 0), pour les postes affectés par les variations de ces deux paramètres, soit :

- la variation de l'indice de consommation qui induit celle du coût alimentaire par porc produit ; elle s'exprime, respectivement en post-sevrage et en engraissement, par les relations :

$$\Delta [\text{coût aliment}_{PS}]_{0,i} = [\Delta IC_{PS}]_{0,i} \times \frac{(\text{Poids sortie}_{PS} - \text{Poids entrée}_{PS}) \times \text{Prix aliment}_{PS}}{1 - \text{Taux pertes}_{PC}/100}$$

$$\Delta [\text{coût aliment}_{PC}]_{0,i} = [\Delta IC_{PC}]_{0,i} \times (\text{Poids sortie}_{PC} - \text{Poids entrée}_{PC}) \times \text{Prix aliment}_{PC}$$

où: $\Delta [X]_{0,i}$ représente la variation du paramètre X entre la situation de référence (0) et la situation i

IC désigne l'indice de consommation économique en post-sevrage (PS) ou engraissement (PC)

- la vitesse de croissance qui affecte la rotation des bâtiments et, en conséquence, le besoin en places de post-sevrage et engraissement. L'évolution de ce besoin est considérée comme une fonction continue de la vitesse de croissance ; les discontinuités dues à la conduite (gestion par lots en "tout plein/tout vide" déterminant un nombre de salles entier) sont volontairement ignorées, la situation de référence pouvant elle-même être considérée comme la moyenne d'une multitude d'ajustements différents entre conduite et performance.

L'incidence sur le coût par porc s'exprime par :

$$\Delta (\text{coût bâtiment})_{0,i} = \Delta (\text{Nombre de places / porc produit})_{0,i} \times \text{Prix de la place} \times \text{FRC}$$

où FRC (facteur de recouvrement du capital) représente le remboursement annuel d'un emprunt de 1 F au taux d'intérêt de 5 % sur une durée de 12 années

avec, respectivement en post-sevrage et engraissement :

$$(\text{Nombre de places}_{PS} / \text{porc produit})_i = \frac{\text{Poids sortie}_{PS} - \text{Poids entrée}_{PS} + \text{VS}_{PS}}{\frac{(\text{GMQ}_{PS})_i / 1000}{365 \times (1 - \text{Taux pertes}_{PC}/100)}}$$

$$(\text{Nombre de places}_{PC} / \text{porc produit})_i = \frac{\text{Poids sortie}_{PC} - \text{Poids entrée}_{PC} + \text{Etaiement fin bandes} + \text{VS}_{PC}}{\frac{(\text{GMQ}_{PC})_i / 1000}{365}}$$

où VS_{PS} et VS_{PC} représentent la durée du vide sanitaire en post-sevrage et engraissement

Le mode de calcul retenu ne fait pas d'hypothèse sur le type de système de production. Toutefois, les références techniques sont celles du système le plus représentatif en France, soit le système naisseur-engraisseur.

Une proportion voisine de 80 % des élevages de porcs utilisaient jusqu'en 1998-99 des aliments contenant les additifs autorisés. Par simplification, les données de référence issues des bases de données GTE au niveau national seront supposées représenter des élevages utilisant tous des antibiotiques comme additifs alimentaires.

Le niveau technique de l'élevage (tiers supérieur ou tiers inférieur des élevages suivis en GTE) a peu d'incidence sur le résultat du calcul. Un scénario basé sur les niveaux moyens observés en GTE suffira donc aux besoins de la présente étude (ITP, 1999).

Par contre, on peut penser que l'ampleur de la réponse zootechnique à une supplémentation en facteurs de croissance antibiotiques diffèrera selon le statut sanitaire de l'élevage, le "gain" étant probablement plus important dans les élevages les moins performants. A cet égard, le raisonnement basé sur une réponse zootechnique "moyenne" constitue une simplification de la réalité.

2. Résultats

2.1. Incidence des antibiotiques sur les performances zootechniques et le prix de l'aliment

2.1.1. Incidence sur les performances zootechniques

A partir de données de la bibliographie (présentées dans la partie 2), les hypothèses suivantes ont été retenues correspondant dans chaque cas à 3 niveaux d'intensité de la réponse technique attendue : moyenne (le plus vraisemblable au regard des données de la bibliographie), optimiste (moyenne + 1 E.T.) et pessimiste (moyenne - 1 E.T.).

2.1.1.1. Incidence des facteurs de croissance utilisés jusqu'au 01.09.99

Destination	Nombre de résultats traités			Incidence supposée (en %) sur			
	total	positifs	significatifs	le GMQ	écart-type	l' IC	écart-type
Porcelet	50	47	22/28	11.6	7.9	- 6.5	4.6
Porc charcu-	72	52	9/19	3.1	3.2	- 2.5	3.5

d'où les hypothèses suivantes considérées dans notre modèle économique :

Destination	Type d'hypothèse	Incidence supposée (en %) sur	
		le GMQ	l'IC
Porcelet	pessimiste	3.7	- 1.9
	moyenne	11.6	- 6.5
	optimiste	19.5	- 11.1
Porc Charcutier	pessimiste	- 0.1	1.0
	moyenne	3.1	- 2.5
	optimiste	6.3	- 6.0

2.1.1.2. Incidence des facteurs de croissance encore autorisés après le 01.09.99

Destination	Nombre de résultats traités			Incidence supposée (en %) sur			
	total	positifs	significatifs	le GMQ	écart-type	l'IC	écart-type
Porcelet	18	18	5/7	11.5	4.0	- 6.1	3.9
Porc charcu-	21	15	3/6	3.0	3.3	- 2.1	3.8

d'où les hypothèses suivantes considérées dans notre modèle économique :

Destination	Type d'hypothèse	Incidence supposée (en %) sur	
		le GMQ	l'IC
Porcelet	pessimiste	7.5	- 2.2
	moyenne	11.5	- 6.1
	optimiste	15.5	- 10.0
Porc Charcutier	pessimiste	- 0.3	1.7
	moyenne	3.0	- 2.1
	optimiste	6.3	- 5.9

2.1.1.3. Incidence des autres additifs alimentaires

- Incidence des acides organiques :

Destination	Nombre de résultats traités			Incidence supposée (en %) sur			
	total	positifs	significatifs	le GMQ	écart-type	l'IC	écart-type
Porcelet	116	92	43/103	5.9	8.0	- 3.2	3.0
Porc charcu-	35	20	11/19	2.7	3.2	- 1.8	2.0

d'où les hypothèses suivantes considérées dans notre modèle économique concernant les acides organiques :

Destination	Type d'hypothèse	Incidence supposée (en %) sur	
		le GMQ	l'IC
Porcelet	pessimiste	- 2.1	- 0.2
	moyenne	5.9	- 3.2
	optimiste	13.9	- 6.2
Porc Charcutier	pessimiste	- 0.5	0.4
	moyenne	2.7	- 1.8
	optimiste	5.9	- 4.0

- Incidence des probiotiques :

Destination	Nombre de résultats traités			Incidence supposée (en %) sur			
	total	positifs	significatifs	le GMQ	écart-type	l'IC	écart-type
Porcelet	46	25	3/36	2.8	6.3	- 1.6	4.2
Porc charcutier	10	5	2/9	1.3	3.3	- 2.3	3.3

d'où les hypothèses suivantes considérées dans notre modèle économique concernant les probiotiques :

Destination	Type d'hypothèse	Incidence supposée (en %) sur	
		le GMQ	l'IC
Porcelet	pessimiste	- 3.5	2.6
	moyenne	2.8	- 1.6
	optimiste	9.1	- 5.8
Porc Charcutier	pessimiste	- 2.0	1.0
	moyenne	1.3	- 2.3
	optimiste	4.6	- 5.6

- Incidence des enzymes :

Destination	Nombre de résultats traités			Incidence supposée (en %) sur			
	total	positifs	significatifs	le GMQ	écart-type	l'IC	écart-type
Porcelet	28	15	7/20	2.8	7.3	- 1.8	3.6
Porc charcu-	21	14	3/11	3.4	4.0	- 2.6	3.6

d'où les hypothèses suivantes considérées dans notre modèle économique concernant les enzymes :

Destination	Type d'hypothèse	Incidence supposée (en %) sur	
		le GMQ	l'IC
Porcelet	basse	- 4.5	1.8
	moyenne	2.8	- 1.8
	haute	10.1	- 5.4
Porc Charcutier	basse	- 0.6	1.0
	moyenne	3.4	- 2.6
	haute	7.4	- 6.2

Cette incidence sur les performances est rapportée pour les différents additifs dans les graphiques suivants :

Figure 3 – Incidence sur le gain de croissance (G.M.Q) des additifs utilisés chez le porcelet

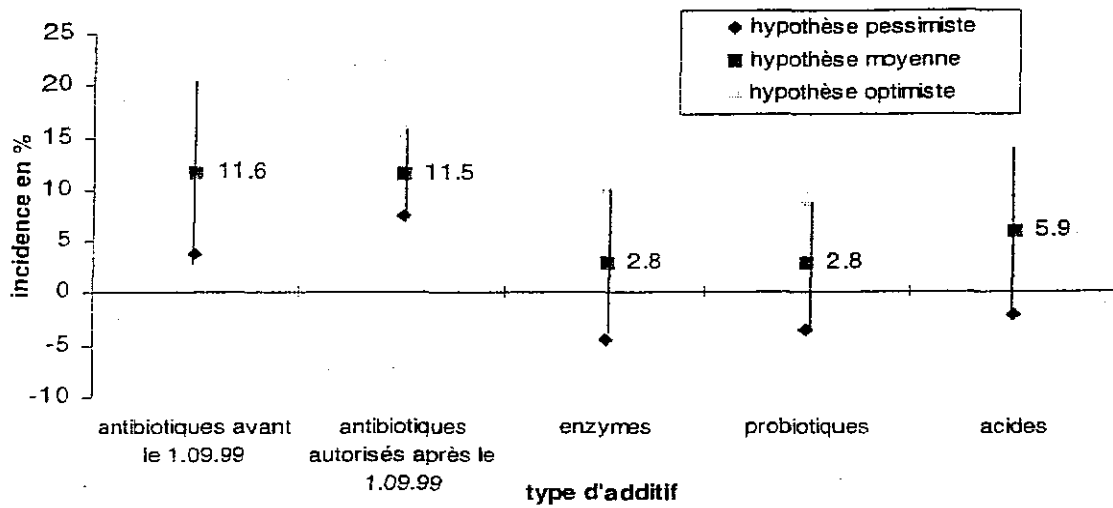


Figure 4 – Incidence sur l'indice de consommation (I.C.) des additifs utilisés chez le porcelet

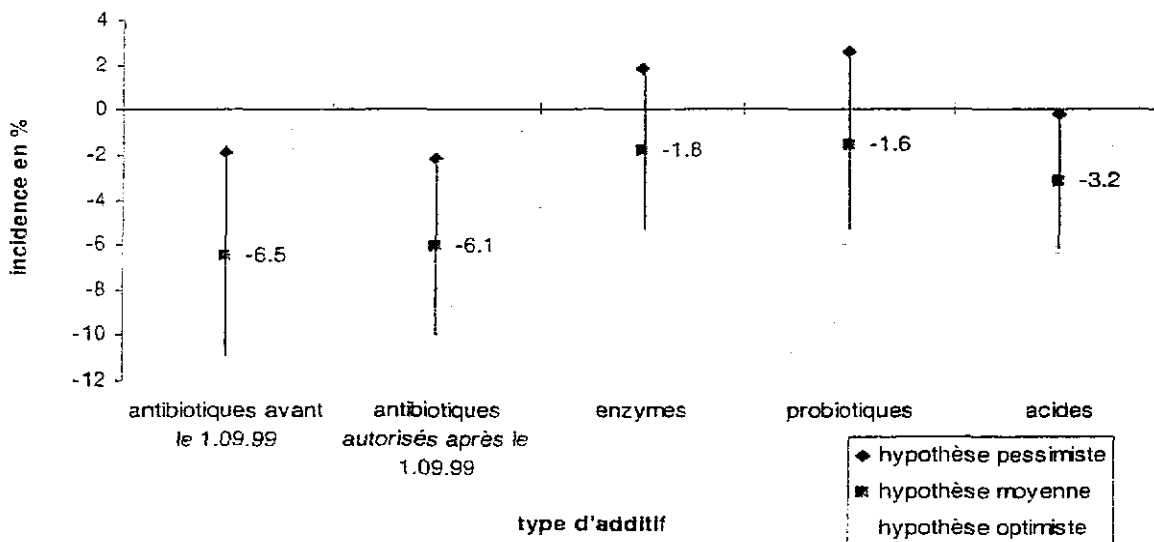


Figure 5 – Incidence sur le gain de croissance (G.M.Q.) des additifs utilisés chez le porc charcutier

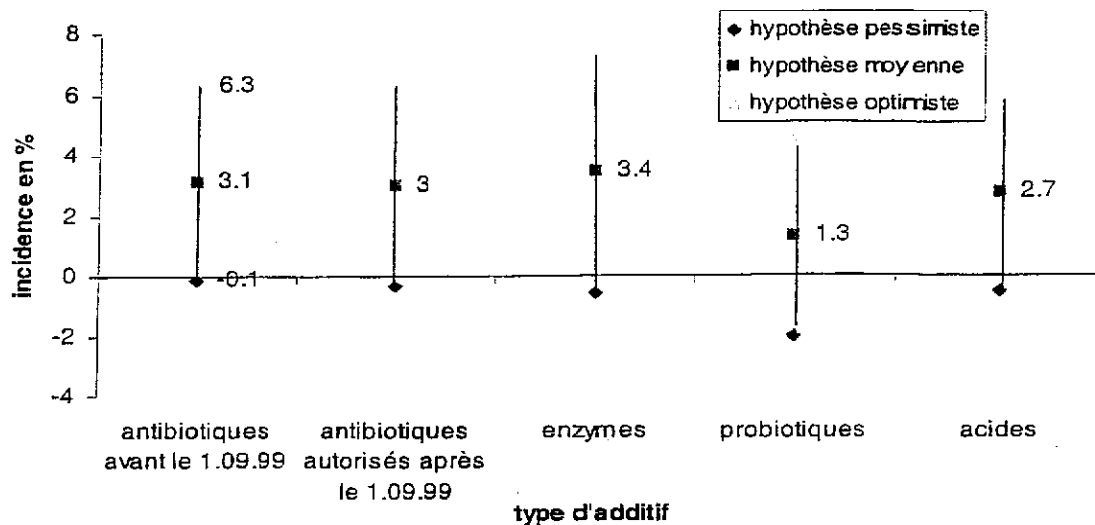
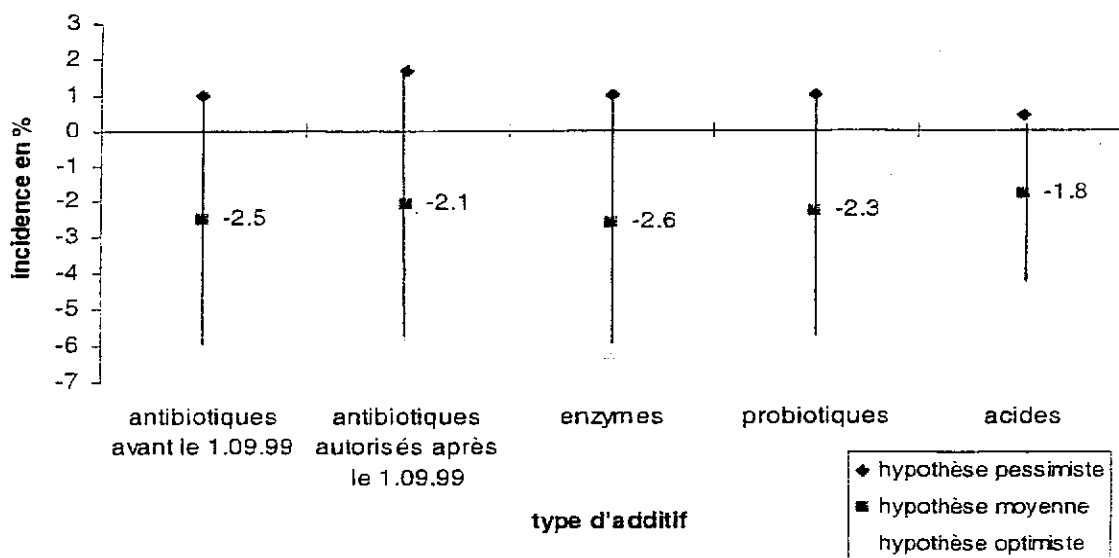


Figure 6 – Incidence sur l'indice de consommation (I.C.) des additifs utilisés chez le porc charcutier



2.1.2. Incidence de l'incorporation d'additifs sur le prix de l'aliment

Les prix des différents additifs antibiotiques ou non (payés aux fournisseurs), sont issus de l'enquête réalisée auprès de fabricants d'aliments composés. L'incidence sur le prix moyen de l'aliment, tenant compte des taux d'incorporation, est rapportée ci-après pour les différents produits :

2.1.2.1. Facteurs de croissance et antibiotiques utilisés jusqu'au 01.09.99

Destination	Prix de l'additif (ct/kg d'aliment)	Incidence en % du coût de l'aliment (1) (prix additif/prix de l'aliment)
Porcelet	2.58	1.30
Porc charcutier	1.14	0.97

2.1.2.2. Facteurs de croissance et antibiotiques encore autorisés après le 1-09-99

Destination	Prix de l'additif (ct/kg d'aliment)	Incidence en % du coût de l'aliment (1)
Porcelet	3.56	1.80
Porc charcutier	1.67	1.53

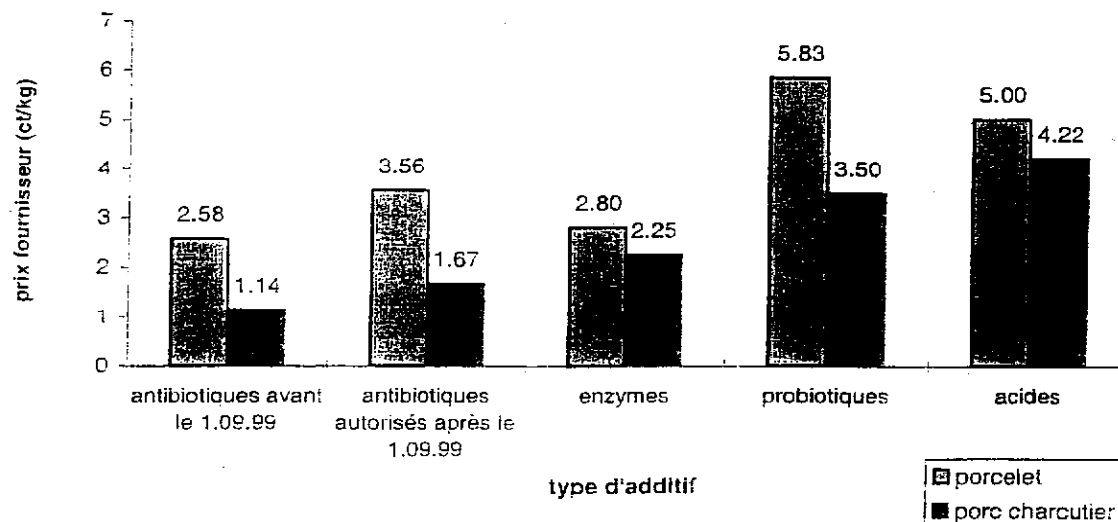
2.1.2.3. Autres catégories d'additifs alimentaires

Type de produit	Destination	Prix de l'additif (ct/kg d'aliment)	Incidence en % du coût de l'aliment (1)
Probiotiques	Porcelet	5.83	2.94
	Porc charcutier	3.50	3.21
Enzymes	Porcelet	2.80	1.41
	Porc charcutier	2.25	2.06
Acides	Porcelet	5.00	2.53
	Porc charcutier	4.22	3.87

(1) sur la base des données observées en Gestion Technico-Economique en 1998 (ITP, 1999), soit:
 prix de l'aliment post-sevrage = 1.98 F/kg
 prix de l'aliment porc charcutier = 1.09 F/kg

Le graphique suivant rapporte l'incidence sur le prix de l'aliment de l'incorporation des différents types d'additifs.

Figure 7 – Incidence du prix de différents additifs sur le coût unitaire de l'aliment (en ct/kg d'aliment)



2.2. Incidence économique de restrictions d'usage des antibiotiques

A partir des éléments techniques précédents, le modèle précédemment défini permet d'appréhender l'incidence économique globale exprimée par porc produit pour les différents scénarios.

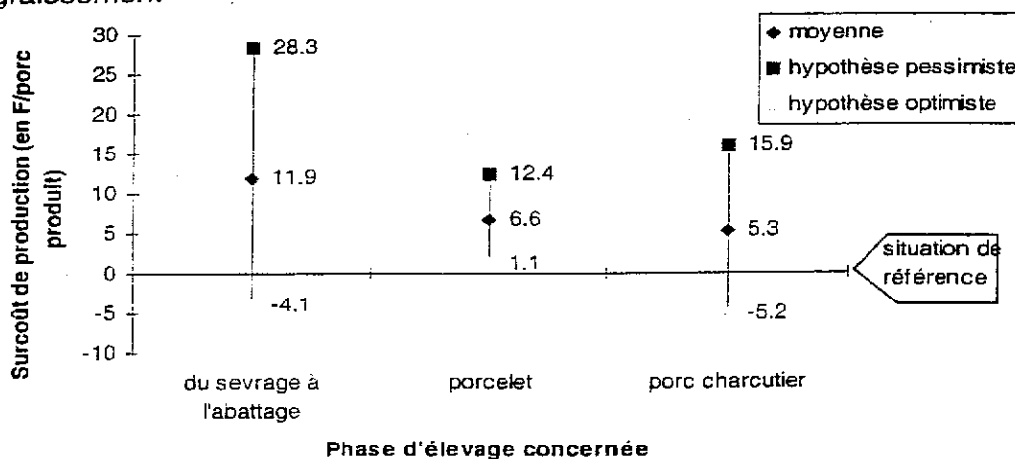
2.2.1. Retrait total des additifs antibiotiques

Un retrait total des antibiotiques entraînerait un surcoût alimentaire, en raison de la dégradation de l'Indice de Consommation et d'un accroissement des charges fixes liées aux bâtiments (amortissements et frais financiers). Ce dernier résulte d'un besoin accru en places de post-sevrage et engraissement consécutif à la dégradation du Gain Moyen Quotidien.

Le retrait total des antibiotiques entraînerait ainsi une perte évaluée en moyenne à 11.90 Francs par porc charcutier produit (pour une réponse technique attendue correspondant à l'hypothèse "moyenne"). La sensibilité du résultat aux trois niveaux d'hypothèse considérés est très importante, les niveaux d'impact haut et bas de ces antibiotiques sur les performances du sevrage à l'abattage entraînant, respectivement, un accroissement de 28.30 F et une diminution de 4.10 F du coût par porc produit.

L'incidence de la suppression des antibiotiques selon le stade d'élevage peut être observée sur la figure 8 et fait apparaître, à partir des hypothèses techniques moyennes, un surcoût plus élevé en post-sevrage qu'en engraissement.

Figure 8 - Incidence économique de la suppression totale des antibiotiques en post-sevrage et en engraissement



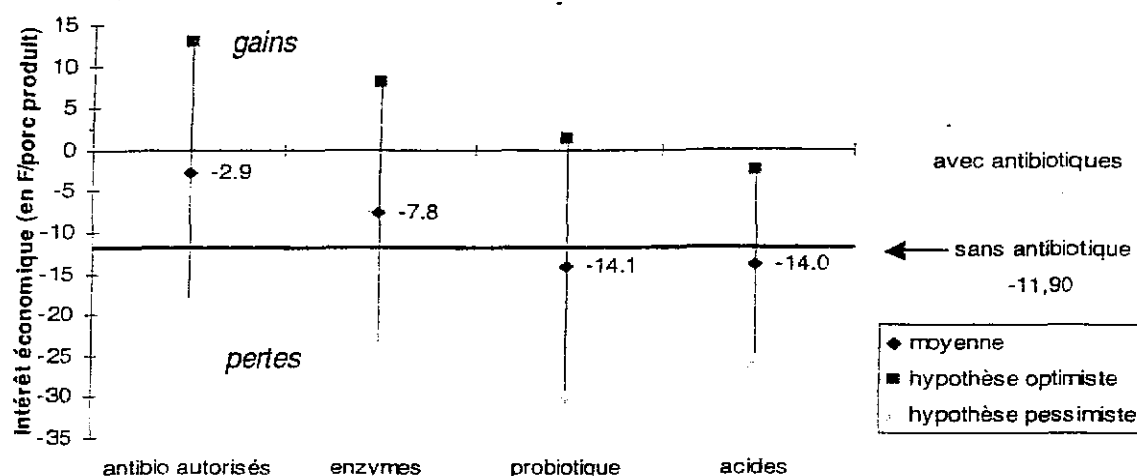
2.2.2. Incidence économique de l'utilisation restreinte d'antibiotiques et d'additifs non antibiotiques

2.2.2.1. Du sevrage à l'abattage

Les additifs de remplacement étudiés ne permettent pas de retrouver le niveau de performance technique obtenu dans le contexte réglementaire initial. En outre, les prix de ces produits de remplacement, comme celui des antibiotiques encore autorisés après le 01/09/99, sont souvent plus élevés.

En comparaison de la situation de référence (soit la situation antérieure aux évolutions réglementaires, pouvant correspondre à l'année 1998), le préjudice varie, pour un niveau de réponse "moyen" de -2.90 à -14.10 F/porc selon le type de produit utilisé (figure 9). Les écarts entre les niveaux moyens de ces différentes options sont cependant très inférieurs à la différence découlant, pour chaque type de produit, du choix de l'hypothèse haute ou basse.

Figure 9 - Intérêt économique relatif des différents scénarios, du post-sevrage à l'abattage



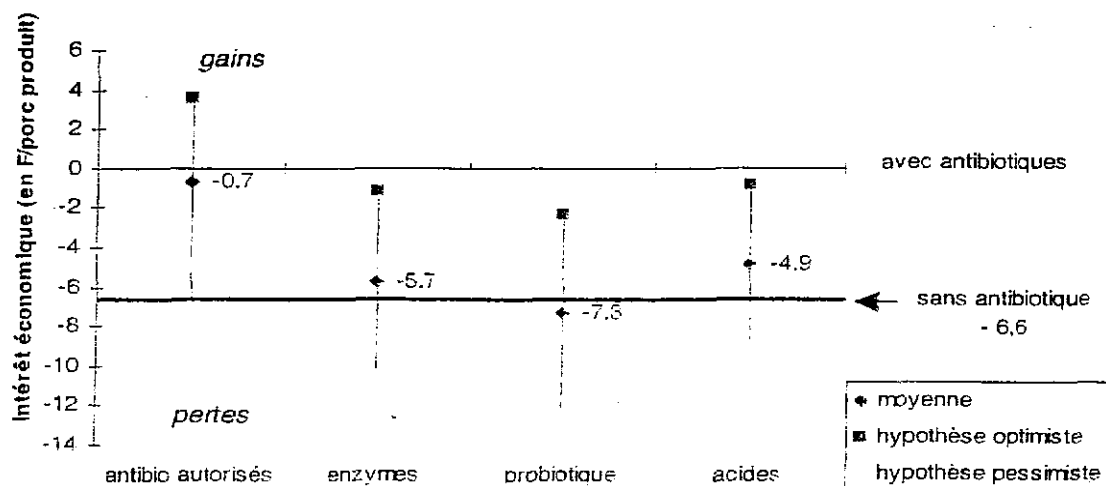
Certaines solutions (sous l'hypothèse d'un niveau de réponse moyen) ne présentent pas d'intérêt économique en comparaison de la situation la plus exigeante (sans antibiotique).

Cependant, dans ce cas également, la variabilité des performances techniques mise en évidence dans chaque cas par l'ampleur des écarts entre les hypothèses haute et basse requiert une certaine prudence dans les conclusions.

2.2.2.2. En post-sevrage

L'utilisation des antibiotiques encore autorisés limite, dans cette phase d'élevage, le préjudice observé à 0.70 F/porc produit (figure 10). L'accroissement du coût atteint par contre de 4.90 F à 7.30 F/porc produit lorsque les antibiotiques sont remplacés par les divers additifs étudiés.

Figure 10 - Intérêt économique relatif des différents scénarios en phase de post-sevrage



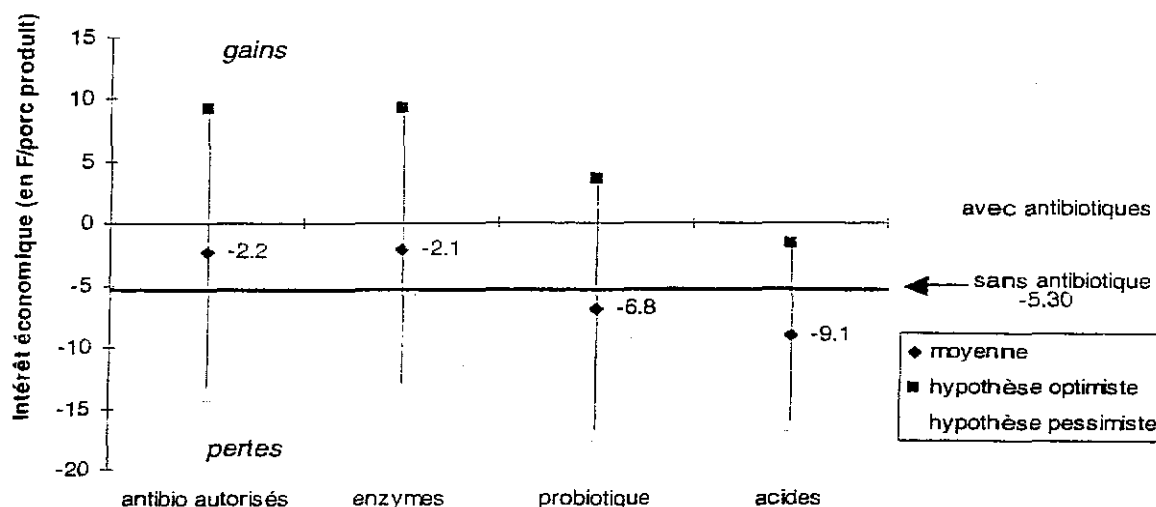
Ces valeurs sont proches du surcoût résultant de la suppression totale des antibiotiques (6.60 F/porc produit). Comme précédemment, la variabilité observée est importante et conduit à penser que les résultats sont très dépendants des conditions de milieu (état sanitaire de l'élevage, ...).

2.2.2.3. En engraissement

De même, en engraissement, les niveaux de perte économique correspondant aux hypothèses techniques moyennes conduiraient à donner la préférence aux antibiotiques encore autorisés ou aux enzymes, le préjudice étant limité dans ces deux situations (figure 11). Dans tous les cas cependant, il ressort qu'aucun des produits étudiés ne permet d'éviter totalement un préjudice économique relativement à la situation de référence.

Par ailleurs, les mêmes observations que précédemment peuvent être faites concernant la variabilité, appelant les mêmes réserves.

Figure 11 - Intérêt économique relatif des différents scénarios, en engraissement



2.2.3. Tests des additifs au Danemark

Il peut être intéressant de confronter nos résultats théoriques issus de simulations relatives à l'intérêt économique de différents additifs, aux données issues de tests du Comité National danois. Ces résultats sont exprimés sous forme d'index de marge brute/porc à prix identique pour tous les produits.

Plusieurs séries d'essais zootechniques ont été conduites de 1996 à 2000 par ce comité, concernant des produits industriels palliatifs des antibiotiques pour porcelets sevrés et pour porcs charcutiers. Les firmes peuvent ainsi valider de manière objective l'efficacité des produits qu'elles destinent à l'incorporation dans les aliments des porcelets ou des porcs à l'engrais.

L'addition des différents produits a été comparée à l'aliment sans facteur de croissance (ce dernier étant représenté par la base 100 pour l'index de marge brute par porc utilisé dans les figures suivantes). A plusieurs reprises l'essai incluait aussi un aliment témoin positif auquel avait été ajouté un facteur de croissance antibiotique de référence (tylosine ou avilamycine ou salinomycine).

Au total, 21 essais en post sevrage ont permis la comparaison de 65 traitements à un témoin négatif de 1997 à 2000. 9 essais en engraissement ont permis la comparaison de 26 traitements à un témoin négatif de 1996 à 2000.

En post sevrage, les 5 traitements effectués avec des facteurs de croissance antibiotiques ont amélioré la marge économique de plus de 10 % par rapport au témoin. A 4 reprises, cette différence était statistiquement significative.

Le plus grand nombre des expérimentations danoises des dernières années a porté sur les acides ou mélanges d'acides. 28 traitements ont été appliqués et à 26 reprises ces traitements ont eu un effet positif sur la marge économique, dont 14 fois significativement sur le plan statistique.

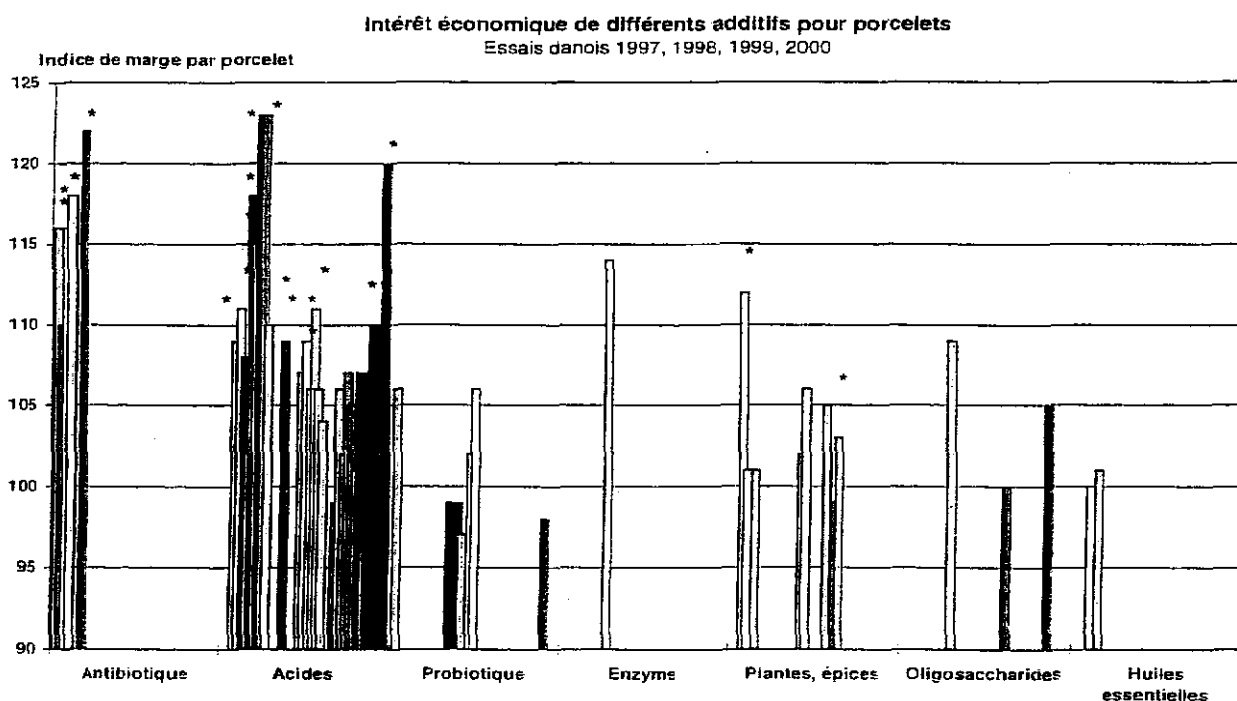
Dans nos propres scénarios, les acides employés seuls n'ont pas eu d'intérêt économique.

Avec les probiotiques, l'incidence sur la marge est négative pour 4 traitements sur 6. Les 2 cas positifs ne sont pas significatifs.

Une seule enzyme (phytase) a été expérimentée avec une amélioration de la marge de 14 % non significative.

Avec des oligosaccharides, 2 traitements ont amélioré la marge non significativement de 5 et 9 % et 1 traitement a été sans effet. Les 2 huiles essentielles ont eu peu ou pas d'effet économique (0 % et 1 %).

8 essais ont été effectués avec des extraits et préparations à base de plantes. Dans 7 cas la marge a été améliorée, dont 2 fois significativement (3 % et 12 %).



Sources : National Committee for Pig Breeding, Health and Production, rapports annuels, 97, 98, 99, 2000.

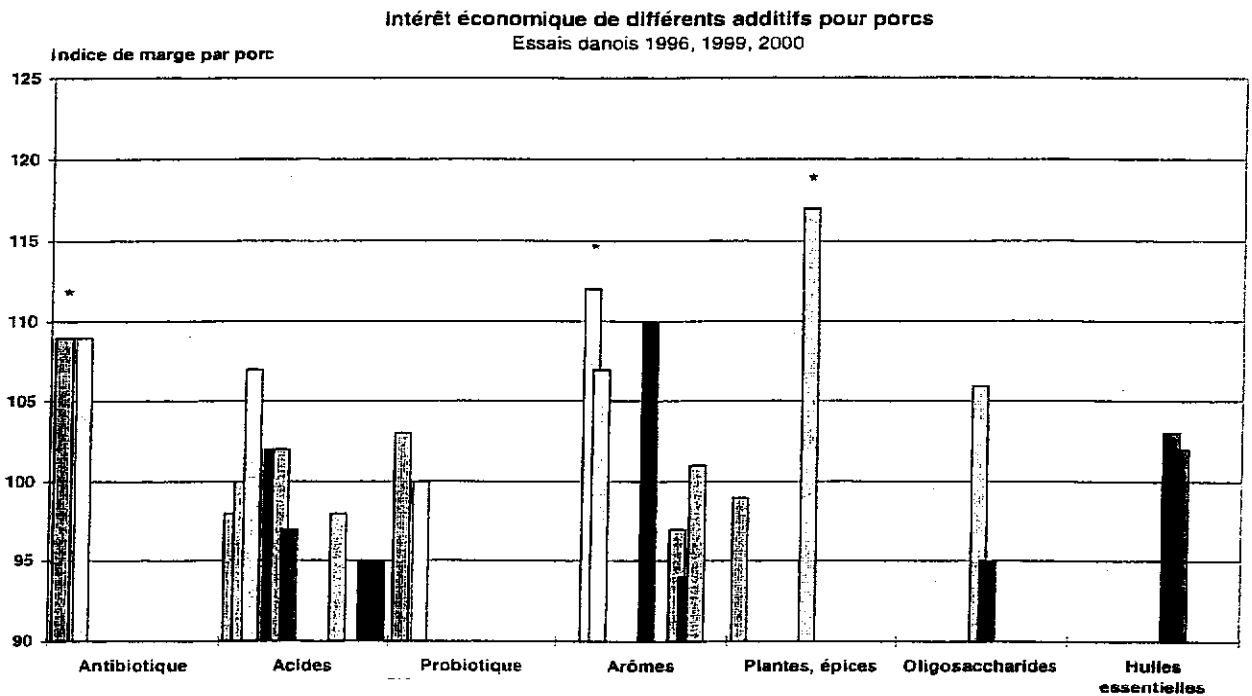
* = amélioration statistiquement significative de l'indice de marge brute

En engraissement, les 2 traitements effectués avec des antibiotiques ont eu une incidence positive sur la marge brute, dont l'un significativement.

Six des 9 traitements réalisés en engraissement avec des acides ou complexes d'acides ont eu un effet nul ou négatif sur la marge brute. Pour 3 traitements, la marge a été améliorée de 2 %, 2 % et 7 %, de façon significative.

Deux tests ont concerné des probiotiques (0 % et + 3 %), deux des oligosaccharides (- 5 % et + 6 %) et deux autres des huiles essentielles. Les écarts de marge n'étant jamais significatifs pour ces trois catégories (+ 2 %, + 3 %). Si l'un des traitements effectués avec des extraits de plantes a été négatif (- 1 %), l'autre a amélioré significativement la marge brute de 17 %.

Enfin, sur 6 essais d'arômes en engraissement, 4 ont un effet économique positif (1 %, 7 %, 10 %, 12 %) dont l'un significativement.



Source : National Committee for Pig Breeding, Health and Production, rapport annuel 96, 99, 2000

* = amélioration statistiquement significative de l'indice de marge brute

3. Discussion

3.1. Incidence économique de la suppression des antibiotiques

En Europe, plusieurs études ont été menées afin d'approcher l'incidence économique de l'utilisation des antibiotiques comme facteurs de croissance.

3.1.1. Incidence sur le coût de production

Certaines études font état de l'incidence de l'utilisation des antibiotiques sur le coût de production du porc charcutier ; cependant, elles doivent être interprétées avec prudence car les systèmes de production ont sensiblement évolué depuis leur parution.

Mackinnon (1986) a évalué le profit net par porc découlant de l'utilisation de facteurs de croissance antibiotiques, en tant que substances amélioratrices des performances de croissance. Il ne prenait en compte que l'augmentation du GMQ, considérant l'efficacité alimentaire constante. L'augmentation du GMQ laisse au producteur le choix entre différents types d'ajustements.

Selon l'option choisie, l'avantage financier variait de 0.13 à 1.49 £/porc (en 1986). Cependant, pour l'auteur, ces estimations basées sur des résultats d'essais en conditions contrôlées seraient probablement amplifiées dans nombre de situations d'élevages de production. En outre, Mackinnon considérait qu'en tenant compte de la réduction de la morbidité, de la croissance uniforme et de l'homogénéité des carcasses, le bénéfice pouvait atteindre pour l'éleveur de 3 à 3.5 £ par porc.

Le même auteur soulignait déjà en 1986 l'importance, pour les producteurs et les industries de l'alimentation animale, des pressions exercées par le consommateur et le pouvoir politique sur le sujet de l'interdiction des facteurs de croissance.

Plus récemment, différents auteurs ont analysé les conséquences du retrait des antibiotiques facteurs de croissance dans plusieurs dimensions.

Dans une approche technico-économique s'appuyant sur les données des bases nationales de gestion technico-économiques (ITP, 1999), Raoul (1999) estime à 15 F par animal (ou encore 40 000 F pour un élevage de 140 truies) le gain résultant de l'usage des facteurs de croissance antibiotiques, soit une valeur très proche de nos propres résultats (12.4 F). Les hypothèses techniques sous-jacentes sont très proches dans les deux cas soit, pour cet auteur, une incidence, du sevrage à l'abattage, de - 5 % pour l'indice de consommation et de 3 % pour le GMQ à rapprocher, dans la présente étude de, respectivement - 6,9 % et 12 % pour le porcelet, de - 2.5 % et 3.2 % pour le porc en croissance-finition.

Garres (1999) propose une évaluation du surcoût d'une alternative aux facteurs de croissance. Prenant en compte l'incidence du coût des matières premières (comparaison 1991/98/99), estimant l'incidence moyenne d'un facteur de croissance antibiotique sur le coût d'un kg d'aliment pour poulet et porc finition entre 0.8 et 1.0 % (1.0 % et 1.8 % selon nos propres estimations) et considérant que ces antibiotiques facteurs de croissance permettent une amélioration de l'ordre de 5 % de l'indice de consommation, leur suppression se traduirait par une consommation d'aliments accrue de 13 kg.

Le même auteur évalue le surcoût des solutions alternatives entre 1 et 4 % du coût de la formule. Les substances utilisées de manière palliative peuvent être :

- des probiotiques utilisés pour des porcelets en 2ème âge, à 100 ppm en moyenne (sur 3 probiotiques différents) avec des variations selon le type de formule (standard ou haut de gamme), les probiotiques représentant environ 4 % du prix de la formule (3 % dans nos propres estimations) ;
- des enzymes : elles ont toujours été associées à des additifs antibiotiques, ce qui rend difficile une appréciation de leur efficacité propre et leur incidence réelle sur le coût de revient (utilisées dans les aliments pour volailles, à raison de 200 à 400 ppm/kg d'aliment, l'auteur estime leur coût à environ 1 % du prix de la formule). Nos propres estimations proposent la fourchette de 1.4 – 2 % ;
- des acidifiants : incorporés dans les aliments pour porcelets 2ème âge, à raison de 4 kg/tonne, leur incidence sur le coût de l'aliment est d'environ 4.2 % dans les formules de base et 3,8 % dans les formules de haut de gamme. Mais ces produits ont également toujours été utilisés en association avec un antibiotique facteur de croissance. Nos estimations sont un peu en-deçà, à 3 – 3.9 % du coût de la formule.

Le surcoût selon Garres se situe donc entre 1 et 5 centimes par kg d'aliment selon les solutions adoptées et sous l'objectif de performances équivalentes à celles obtenues aujourd'hui avec les antibiotiques facteurs de croissance ; ce résultat est très proche de nos propres estimations. Les obligations contenues dans la nouvelle législation applicable dans les pays européens sont plus contraignantes que celles en vigueur dans de nombreux autres pays exportateurs de viande de porc. Elles peuvent donc être à l'origine de nouvelles distorsions de concurrence, au même titre que le coût de la protection sociale ou la fiscalité.

Kjeldsen (1999) rapporte que d'après les études menées au Danemark, le gain financier moyen d'utilisation d'antibiotiques chez les porcs en finition a été estimé à 2.5 couronnes danoises (2.2 F) par porc, résultant d'un indice de consommation plus faible. A ce gain imputable à un indice de consommation plus faible s'ajoute un bénéfice de 4.50 couronnes (3.96 F) par porc dû à une augmentation moyenne de 25 g du gain de poids quotidien. Le même auteur estime que depuis l'interdiction des additifs antibiotiques pour le porc en finition, les éleveurs de porc perdent chaque année 150 à 200 millions de couronnes danoises, soit 132 à 176 millions de francs. Au-delà de la baisse des performances, ce préjudice est imputable à l'augmentation du prix des aliments (+ 1.76 ct/kg) résultant de la réduction du taux de protéines, de l'augmentation des acides aminés de synthèse, et du choix de matières premières sécurisées (certaines matières premières comme le pois ou le colza ne pouvant être utilisées en cas de problème sanitaire).

Sur le plan technico-économique en Suède, Viaene (1997) estime que l'interdiction de l'addition d'antibiotiques dans l'aliment a eu pour conséquences :

- un besoin de 3 à 5 jours de plus pour atteindre 25 kg de poids vif avec une consommation alimentaire accrue de 2 kg (voire 7 jours pour atteindre 30 kg de poids vif). La diminution de l'efficacité alimentaire induit par ailleurs une augmentation des quantités de lisier produites ;
- une augmentation de la mortalité au sevrage de 10 à 15 % ;
- une diminution de la rotation.

Au-delà de la seule incidence de la suppression des facteurs de croissance antibiotiques en Suède, le différentiel d'efficacité économique (tableau 4) imputable aux conditions de production et aux prix des facteurs a été estimé en référence au contexte danois par le LRF (Confédération des Agriculteurs de Suède) cité par Trondstad (1997).

Tableau 4 - Surcoût/kg de viande de porc en Suède par rapport aux coûts de production Danois (Tronstad, 1997)

Législation sur le bien-être et alimentation	0.5 SEK (38 ct)
Taxes sur denrées type gasoil, produits phytosanitaires	0.5 SEK (38 ct)
Diminution de l'efficacité de la production	0.5 SEK (38 ct)
Total	1.5 SEK (1.15 F)

Source : Lantbrukarnas Risk Förbund (Confédération des Agriculteurs Suédois)

3.1.2. Impact sur les échanges commerciaux

La France exporte 27 % de son tonnage de porcs produits et 8 % de la production de l'Union Européenne sont exportés hors de l'Europe (ITP, 2000).

L'arrêt des facteurs de croissance antibiotiques peut être la cause d'un affaiblissement de la position compétitive de l'Europe par rapport aux pays tiers.

Viaene et De Craene annonçaient en 1992 qu'un retrait des facteurs de croissance antibiotiques aurait des conséquences sur le prix de la viande et affecterait le marché intra-communautaire et les exportations européennes de porc.

Selon leurs estimations, la réduction annuelle des bénéfices économiques atteindrait 1.21 milliards d'ECU, et pourrait être supportée à 48 % par les producteurs et à 52 % par les consommateurs.

Bories et Louisot (1998) estiment le coût supplémentaire pour la filière porcine en France, si une telle interdiction voyait le jour, à 175 millions de Francs, le maintien du niveau actuel de production supposant une demande supplémentaire d'aliment (634 000 tonnes pour la France selon le SYNPA) avec des conséquences sur les prix des matières premières.

3.1.3. Impact sur l'environnement

D'après Raoul (1997), en France, à la suite du retrait des facteurs de croissance antibiotiques, le maintien de la production actuelle de viande de porc, à la condition d'élever 835 000 porcs en plus, induirait une augmentation des rejets qu'il estime à 4 900 tonnes pour l'azote et à 2 500 tonnes pour le phosphate.

Bories et Louisot (1998) proposent des estimations plus élevées, soit un impact sur le volume des lisiers produits (selon le SNIA) représentant 7 millions de m³ et nécessitant 40 000 ha supplémentaires, et représentant 6 800 tonnes d'azote et 3 à 5000 tonnes de phosphate.

Cela s'accompagne en outre d'une augmentation des émissions de méthane et de l'utilisation de substituts potentiellement nocifs pour l'environnement, tels l'Oxyde de Zinc (cas de la Suède).

Kröger (1989) estimait dans l'ex-Allemagne de l'Ouest les conséquences d'un retrait des antibiotiques à 1 million de tonnes d'aliments supplémentaires pour nourrir 36.5 millions de porcs. Cela entraînait un accroissement de la production de fumier de 2.9 millions de m³, pour 16 à 22 000 tonnes de nitrates et 5 à 7 000 tonnes de phosphates.

3.2. La situation dans quelques pays européens et les stratégies adaptatives

3.2.1. L'Allemagne

Dans les années 80 en Allemagne, une production sous "label" s'est développée, représentant actuellement 10 à 15 % de la production de viande, produite sous certaines contraintes dont la principale est l'interdiction d'utilisation des facteurs de croissance en croissance et en finition.

En 1988, alors que la première interdiction de l'olauquinox, du carbadox et de la quinoxaline se met en place, beaucoup de fabricants d'aliments expérimentent diverses associations de facteurs de croissance avec des acidifiants (Roth, 1999).

Entre 1988 et 1997, de nombreux fabricants d'aliments ont ainsi développé des alternatives aux facteurs de croissance antibiotiques et ont cessé d'utiliser ces derniers.

Même si l'interdiction des antibiotiques encore autorisés n'est pas à l'ordre du jour, les industriels de l'alimentation animale se préparent à cette éventualité.

Tableau 5 - Marché des additifs en valeur en Allemagne

	additifs antibiotiques	probiotiques	enzymes
1990	40 millions DM	4 millions DM	2 millions DM
1997	28 millions DM	14 millions DM	14 millions DM
2000	20 millions DM	20 millions DM	16 millions DM

Source : Arbeitsgemeinschaft für Wirkstoffe in der Tierernährung (A.W.T) cité par Roth (1999)

On constate une diminution significative de l'utilisation des additifs antibiotiques et une augmentation concomitante de l'incorporation de probiotiques. Ces deux familles de produits sont très souvent utilisées en association dans les aliments des porcelets ou dans les aliments des volailles (starter).

3.2.2. Cas du Danemark

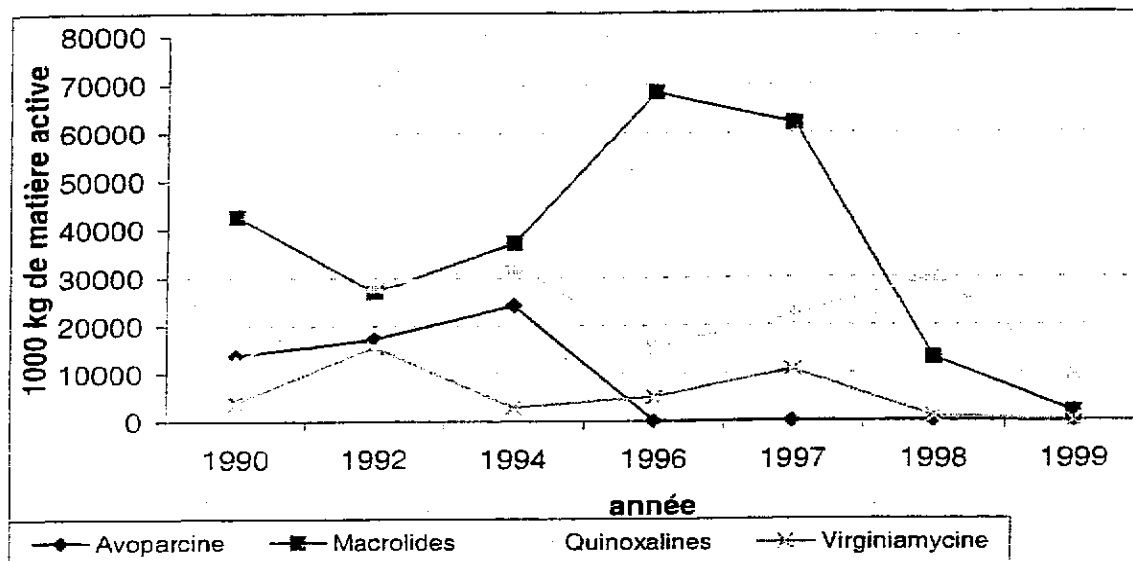
Le débat sur les facteurs de croissance au Danemark existe depuis 1979 et est relancé périodiquement, en particulier la question du bilan économique de leur utilisation (en post-sevrage et en engraissement).

En 1995, la fédération nationale des éleveurs de porcs et des abattoirs recommandait de ne plus utiliser de facteurs de croissance antibiotiques en finition. Cela avait conduit à une réduction volontaire d'environ 40 % de l'usage national de ces additifs. En octobre 1997, l'interdiction de l'utilisation des facteurs de croissance en engraissement (soit pour des porcs de plus de 35 kg) a été votée ; elle a pris effet en mars 1998. En septembre 1998, le gouvernement danois introduisait une taxe sur les facteurs de croissance correspondant à 2 DKK (1.76 F) par porcelet et à 5 DKK (4.4 F) par porc. Puis, le Comité National pour la Production Porcine conclut un accord visant à éliminer progressivement tous les facteurs de croissance antibiotiques chez les porcs (à tous les âges) avec l'objectif d'un arrêt total en janvier 2000. Depuis cette date, l'utilisation de toute supplémentation en facteurs de croissance antibiotiques est interdite.

La consommation des facteurs de croissance a régressé de 105 tonnes en 1997 à 45 tonnes en 1998 (Kjeldsen et al, 1999).

La figure 12 montre que parmi 4 facteurs de croissance utilisés couramment (désormais interdits), une famille était utilisée de manière croissante, à savoir les macrolides (essentiellement la tylosine).

Figure 12 – Tendence dans la consommation de certains facteurs de croissance antibiotiques



Source: Danmap 98,99

La consommation totale des antibiotiques utilisés à fin thérapeutique a atteint un niveau plus faible qu'il y a dix ans, après avoir connu un fort accroissement sur la période 92-94.

Fin 1999, Kjeldsen et al dressent un bilan de la situation après l'interdiction de recourir aux facteurs de croissance pour les porcs de plus de 35 kg : dans la plupart des élevages, la transition vers des aliments sans facteur de croissance s'est déroulée sans problème notable. Cependant, quelques élevages ont connu des problèmes de diarrhées et ont présenté des résultats de production plus faibles. Des expériences ont pu montrer que les diarrhées sont le plus souvent liées à des mauvaises conditions d'alimentation et de logement, plutôt qu'à la présence de bactéries pathogènes.

Globalement, les auteurs estiment que 10 % des élevages approximativement ont rencontré des problèmes persistants (baisse du GMQ, diarrhées), 30 % ont essuyé des perturbations temporaires (de 1 à 2 mois) tandis que 60 % n'ont pas rencontré de difficulté particulière.

Les conclusions de Jorsal (1999) rejoignent celles de Kjeldsen et al. Le Laboratoire Vétérinaire Danois fait état quant à lui d'une légère augmentation de la fréquence des diarrhées. Les statistiques de performances des troupeaux d'engraissement danois montrent que la vitesse de croissance a continué d'augmenter en 1998 et 1999 alors que l'IC s'était dégradé en 1998 avant de retrouver en 1999 son niveau de 1997. Le taux de pertes en engraissement atteint 3.58% en 1999 contre 3.24% en 1997. (National Committee for pig breeding, health and production, 1999, 2000, 2001)

En 1999, l'arrêt de l'utilisation de facteurs de croissance antibiotiques pour les porcelets de moins de 35 kg était déjà effectif dans plus de la moitié des élevages. Le GMQ moyen de post sevrage était en recul à 407 g en 1999, contre 427 g en 1998 alors que le taux de pertes progressait à 3.6 % contre 2.9% l'année précédente (NCPBHP, 2000). Une étude a été menée dans 150 élevages porcins danois (projet sur la période 1998-2000) pour appréhender l'impact de cette mesure sur la santé, sur la consommation d'antibiotiques (à but thérapeutique), sur la résistance aux antibiotiques et sur les résultats de production (Anonyme, 2000). Dans les premiers temps de l'arrêt des antibiotiques dans l'alimentation des sevrés, il semble qu'environ 25 % des élevages naisseurs danois n'aient pas connu de problèmes de

santé, que 50 % d'entre eux aient accusé une augmentation mineure de troubles et que les 25 % restants aient dû recourir à des traitements vétérinaires. Jusqu'à l'application de l'interdiction, le recours aux antibiotiques était largement répandu pour contrôler les désordres intestinaux chez les porcs après le sevrage. Une augmentation de l'acidification, déjà pratiquée dans les aliments de porcelets, a pu être observée avec la disparition de l'usage des antibiotiques non prescrits. A titre d'exemple, des fabricants d'aliments danois ont offert aux élevages les plus touchés un taux d'incorporation d'acides dans les aliments qui est cinq fois supérieur à la normale, avec 10 kg au lieu de 2 kg par tonne (Anonyme, 2000).

On constate d'ores et déjà qu'il n'y a pas eu d'augmentation importante de la fréquence des principales pathologies, ce qui permet d'espérer une augmentation modérée de la consommation d'antibiotiques à usage thérapeutique, contrairement à ce qui a pu être observé 15 ans plus tôt en Suède. Cela devrait être attribuable aux progrès accomplis dans les stratégies d'amélioration de l'alimentation, de la conduite et du logement en production porcine au cours des dernières années (Jorsal, 1999 ; Kjeldsen, 1999).

3.2.3. L'exception suédoise

3.2.3.1. Le contexte suédois

Depuis les années soixante-dix, un débat animé s'est poursuivi en Suède sur l'élevage et la production alimentaire. Nombre de vétérinaires ont souligné très tôt les risques d'un emploi généralisé des antibiotiques pour les animaux.

Un grand quotidien suédois a publié une série d'articles concernant l'administration d'antibiotiques à des animaux sains dans le but d'accélérer leur croissance.

Les agriculteurs suédois ont tenu compte de ces critiques et en 1981, leurs organisations se sont déclarées en faveur d'un emploi restreint et contrôlé des antibiotiques. La même année, la Confédération des Agriculteurs de Suède (LRF) s'est également déclarée disposée à renoncer aux facteurs de croissance dans l'alimentation animale (Ministère suédois de l'Agriculture, 1997).

Le Riksdag a interdit à partir du 1er Janvier 1986 l'utilisation des antibactériens comme facteurs de croissance. Toutes ces substances doivent désormais être prescrites par un vétérinaire et délivrées à titre thérapeutique.

La mise en oeuvre de cette interdiction a été facilitée en Suède par le monopole exercé par la Société Nationale des Pharmacies sur la distribution des produits pharmaceutiques. Depuis 1986, la prescription des antibactériens pour les animaux a diminué d'un peu plus de la moitié.

3.2.3.2. Les conséquences dans les élevages et les voies d'adaptation

Selon le Rapport du Ministère Suédois de l'Agriculture (1997), des problèmes se sont posés chez les porcelets. Robertsson et Lundeheim (1994) rapportent à cet effet qu'une augmentation significative de la fréquence des diarrhées a été observée en post-sevrage. Selon les résultats techniques moyens de 220 élevages étudiés par Robertsson et Lundeheim (1994), l'âge à 25 kg se serait accru de 5 à 6 jours et le taux de pertes de 1 à 2 % pendant la période 1986-1987 par rapport à 1985.

Cela est également rapporté par Borjes et Louisot (1998), qui rendent ce problème responsable d'une augmentation temporaire de l'antibiothérapie. Tronstad (1997) précise cette idée ; il rapporte qu'avant l'interdiction, les porcelets recevaient couramment des aliments contenant 50 ppm d'olaquinox jusqu'à l'âge de 10-12 semaines. Le retrait de l'olaquinox des aliments porcelets a immédiatement conduit à l'augmentation de la mortalité en post-sevrage, et à la diminution du gain quotidien. Ces problèmes ont motivé le recours à la prescription d'olaquinox (à un taux de 100-160 ppm) par les vétérinaires dans un but thérapeu-

tique. Cette utilisation d'olaquinox est restée à un haut niveau jusqu'en 1989 puis a fortement diminué (en 1995, environ 10 % des sevrés avaient été traités à l'olaquinox), ce que confirme Jorsal (1999).

Par contre, le Ministère de l'Agriculture suédois affirme qu'aucun problème majeur n'a été signalé après la suppression en ce qui concerne les porcs charcutiers. Le retrait des antibiotiques chez les porcs à l'engrais n'a pas provoqué d'effets cliniques importants (rapporté également par Jorsal, 1999). Les études rapportées par Corrégé (2000) n'indiquent pas de baisse des performances de reproduction après le retrait des AFC. Le nombre d'animaux sevrés par truie et par an entre 1985 et 1998 serait passé de 18.7 à 20.1 (pour un âge au sevrage minimum de 5 semaines). Cependant, en France, les chiffres pour les mêmes périodes sont de 21.1 et 24.3. Le GMQ des porcs charcutiers entre 25 et 110 kg est de 850 g/j et l'indice de 2.85.

Les problèmes ont également eu des retombées positives puisqu'ils ont stimulé l'amélioration des conditions de logement, d'hygiène, de conduite (ex : âge au sevrage), de la composition de l'aliment (pour pallier les problèmes survenus surtout en post-sevrage). Diverses voies ont été explorées à cet effet concernant : le choix du moment approprié pour le sevrage, l'amélioration de l'hygiène, la réduction des facteurs de stress, la mise en oeuvre d'une ambiance plus stimulante pour les porcs, la renonciation aux traitements de routine... Selon le Professeur Weirup (Service Suédois de la Santé Animale, cité dans un rapport du Ministère de l'Agriculture suédois), la situation suédoise aurait ainsi permis de démontrer qu'il est possible, dans des conditions de production optimales, d'obtenir de bons résultats dans les élevages de volailles, de veaux et de porcs sans addition continue d'antibiotiques dans l'alimentation.

Par ailleurs, selon ce même rapport du Ministère, l'addition de zinc a été assez largement utilisée dans l'alimentation pour le traitement des troubles intestinaux des porcelets au moment du sevrage.

Or cette utilisation accrue d'oxyde de zinc est défavorable au plan environnemental, ce métal s'accumulant durablement dans le sol, en particulier à des doses très élevées (2500 ppm), (Bories et Louisot, 1998). Des restrictions à l'utilisation du zinc et de ses oxydes dans l'alimentation animale ont été apportées à compter du 01/01/98. Mais leur utilisation reste toujours possible sur prescription vétérinaire.

3.2.3.3. Quel bilan sur l'utilisation des antibiotiques ?

Le "modèle suédois" est continuellement débattu par les experts agricoles européens et les lobbies, avec pour argument clé le fait que l'utilisation globale d'antibiotiques en Suède n'aurait pas diminué.

Selon Viaene et de Craene (1992), la promulgation de cette loi aurait entraîné une détérioration de la santé animale et la teneur en antibiotiques dans l'aliment se serait maintenue au même niveau qu'avant 1986. Mais Tronstad (1997) critique ce constat basé sur la situation de 1988, donc sur une période proche de la mise en application de cette loi qui ne permettait pas le recul suffisant.

Les tableaux 6 et 7 et la figure 13 décrivent l'évolution de la consommation d'antibiotiques chez les animaux en Suède.

Toutes les substances antimicrobiennes n'ayant pas la même activité biologique par unité de poids de matière active, l'interprétation des résultats peut s'en trouver affectée. Mudd et al (1999) ont suggéré de calculer la consommation d'antibiotiques en "unités d'activité" estimées par leurs soins pour 4 classes d'antibiotiques : tétracyclines, macrolides, fluoroquinolones et pleuromutilines.

L'évolution de l'utilisation de ces antibiotiques ainsi quantifiée remet en cause les améliorations mises en avant par les autorités suédoises : la courbe exprimant la consommation d'antibiotiques en unité d'activité met en avant une forte croissance depuis 1986, avec un faible déclin perceptible seulement entre 1995 et 1996.

Tableau 6 - Consommation d'antibiotiques chez les animaux en Suède (en kg de matière active) de 1986 à 1996

Antibiotiques	1986	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Tétracyclines	6585	4961	4624	4572	5414	8023	8815	7730	4968	2733
Macrolides	1144	1205	1156	1399	1478	1701	1562	1701	1803	1468
Fluoroquinolones			1	84	123	147	173	246	200	173
Pleuromutilines		124	140	229	236	268	384	465	889	1142
Total pour ces 4 familles d'antibiotiques	7 729	6 290	5 921	6 284	7 251	10 139	10 934	10 142	7 860	5 516
Total général antibiotiques	25 774	30 190	31 164	30 274	29 274	31 043	30 080	30 247	24 569	20 307

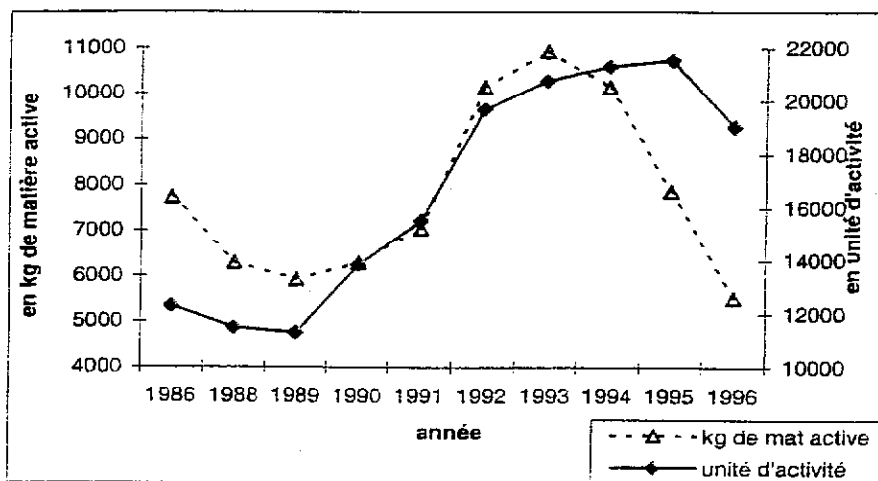
Source: Mudd et al, 1999

Tableau 7 - Consommation d'antibiotiques par les animaux en Suède (en unité d'activité), de 1986 à 1996

Antibiotiques	1986	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Tétracyclines	6585	4691	4624	4572	5414	8023	8815	7730	4968	2733
Macrolides	5720	6025	5780	6995	7390	8505	7810	8505	9015	7430
Fluoroquinolones			10	840	1230	1470	1730	2460	2000	1730
Pleuromutilines		775	875	1431	1475	1675	2400	2906	5556	7138
Total pour ces 4 familles d'antibiotiques	12 305	11 491	11 289	13 838	15 509	19 673	20 755	21 301	21 539	19 031
Total général antibiotiques	45 963	65 846	68 910	67 376	62 789	65 988	61 929	62 476	56 180	51 308

Source: Mudd et al, (1999)

Figure 13 - Consommation d'antibiotiques en Suède de 1986 à 1996



Source : Mudd et al, 1999

Par contre, en considérant la consommation totale de l'ensemble des classes d'antibiotiques (dernières lignes des tableaux 6 et 7), après une hausse perceptible après 1986, une chute de consommation en unité d'activité est observable dès 1993 pour atteindre un niveau simi-

laire à celui de 1986. Cela rejoint les observations de l'Institut National Vétérinaire, prenant en compte la consommation de l'ensemble des classes d'antibiotiques exprimée sous forme d'unités d'activité (Greko, 1998).

L'impact des mesures prises par la Suède en terme de santé publique n'est pas visible de manière claire à l'heure actuelle. Les chiffres annoncés sur la résistance aux antibiotiques (streptomycine, tétracycline) diffèrent selon les auteurs et les pays. En l'absence de bilan antérieur à 1986, les comparaisons restent délicates selon Corrége (2000).

Selon Viaene (1997), les mesures prises en Suède ont été à l'origine dans ce pays d'une augmentation marquée des coûts de production et d'une baisse des performances techniques. Entre 1986 et 1991, la politique suédoise a été surtout protectionniste, renforçant les taxes sur les importations et les aides soutenant le niveau des prix sur le marché intérieur. Ces aides compensaient la réduction des performances et garantissaient aux éleveurs des marges adéquates.

La politique suivie à partir de 1991 a consisté à éliminer progressivement les aides de prix et ristournes d'exportation, afin de permettre une meilleure adéquation de l'agriculture suédoise aux besoins du marché européen. Malgré cela, les aides aux productions animales restaient en 1994 plus élevées de 5 % en Suède par rapport au reste de l'Europe. Le secteur porcin était particulièrement concerné, l'aide suédoise étant plus élevée de 27 %. En 1995, le prix de marché du porc a diminué de 25 % pour rejoindre le niveau danois, déterminant des marges négatives.

Contrairement à l'auteur précédent, Bories et Louisot (1998) estiment qu'après 10 ans d'interdiction des facteurs de croissance antibiotiques en Suède, le différentiel de productivité a été résorbé, sauf pour le porcelet .

La Suède représente à peine 2 % de la production de viande en Europe et a dû faire face à des coûts de production plus élevés que la moyenne européenne ou mondiale. Elle doit aussi importer pour satisfaire sa demande intérieure.

En Suède, les efforts entrepris pour inciter les consommateurs suédois à se détourner des produits animaux importés et ainsi protéger la production nationale n'ont pas donné les résultats attendus et la stratégie suédoise semble difficilement extrapolable à l'ensemble de l'Union Européenne, dans un contexte de marché toujours plus concurrentiel. Il n'y a pas de signes évidents pour montrer le succès de cette politique. Les éleveurs vont souffrir de la baisse des prix et de la menace de l'augmentation d'importations (Mudd et al, 1999).

3.2.4. Les Etats-Unis

Selon les chercheurs de l'université de Purdue en 1997 (Ice et al, 1997), les producteurs américains pourraient renoncer à l'utilisation de facteurs de croissance antibiotiques sans aucun préjudice économique, voire avec un gain, sous réserve de respecter une conduite rigoureuse permettant la pratique du "tout plein-tout vide". Le résultat est surprenant si l'on considère les résultats européens précédemment discutés et le fait que ce principe "basique" de conduite est relativement répandu (à défaut d'être toujours pratiqué avec rigueur) dans la plupart des pays européens.

Selon les éleveurs américains, l'emploi des antibiotiques permet d'offrir aux consommateurs de la viande à bas prix : l'agriculture ne serait que l'un des contributeurs au développement de la résistance aux antibiotiques et les résultats de la recherche ne justifient pas une restriction de leur utilisation dans ce secteur.

Le gouvernement lui-même est divisé sur le sujet. Le département de l'Agriculture (USDA) estime qu'il n'y a pas actuellement de consensus, au sein de la communauté scientifique, sur une corrélation éventuelle entre l'usage des antibiotiques en élevage et l'apparition chez

l'homme de souches résistantes, de bactéries telles que les Salmonelles, *Campylobacter* et *E. coli*. Le département de la Santé (HHS) affirme au contraire que les données de la recherche sont sans ambiguïté et impliquent de prendre dès aujourd'hui des mesures pour réduire l'emploi des antibiotiques en production animale, tant comme facteurs de croissance qu'à titre curatif.

Le GAO (General Accounting Office)-équivalent de notre Cour des Comptes- a ainsi appelé à la mise en oeuvre d'un plan d'action conjoint entre l'USDA et le HHS.

Il semble donc que les préoccupations européennes à cet égard ont traversé l'Atlantique, ce qui devrait permettre d'alléger les distorsions de concurrence qui résulteraient de réglementations très inégalement contraignantes de part et d'autre de l'Atlantique.

Conclusion

Face à la suppression de la majorité des antibiotiques facteurs de croissance, la filière porcine française s'est mobilisée pour limiter les pertes zootechniques et économiques. L'action des firmes d'aliments est focalisée sur la recherche d'une ou plusieurs solutions alternatives aux antibiotiques facteurs de croissance. Les fabricants s'orientent surtout vers la recherche de combinaisons de produits permettant de retrouver l'essentiel du bénéfice de l'usage des facteurs de croissance. Les trois antibiotiques facteurs de croissance encore autorisés en production porcine, à savoir l'avilamycine, la salinomycine et le flavophospholipol continuent à être utilisés. Cependant, la pérennité de cette disposition est déjà soumise à discussion. Actuellement, aucun additif non antibiotique connu, considéré seul, ne procure les mêmes avantages zootechniques ni surtout économiques (à performances égales, le coût de ces additifs non antibiotiques est plus élevé) que les antibiotiques.

Or, dans le contexte actuel d'internationalisation des marchés, les produits agricoles sont l'enjeu d'une concurrence croissante; les coûts doivent donc être contenus à un niveau minimum et compétitif.

Les standards européens élevés, en matière de sécurité alimentaire, déterminent des exigences fortes pour la qualité des matières alimentaires et les contrôles opérés à tous les niveaux.

La préoccupation du consommateur est au centre de la réflexion. Il faut pouvoir lui garantir tout à la fois sécurité, qualité, meilleur prix, choix et préoccupation du bien-être animal.

Références bibliographiques

ANONYME, 2000.

Excluding antibiotics. *Pig international*, 30, 4, p 13-15.

BORIES G., LOUISOT, P., 1998.

Rapport concernant l'utilisation d'antibiotiques comme facteurs de croissance en alimentation animale, Mission conjointe du Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation et du Secrétariat à la Santé et la Sécurité Sociale du 30 Mai 1997, février 1998, 20 pp.

CORREGE I., 2000.

Les additifs antibiotiques en suède et au Danemark. *Techniporc*, 23 (4), 31-34

DANMAP, 1999.

Consumption of anti-microbial agents and occurrence of anti-microbial resistance in bacteria from food animals, food and humans in Denmark, p 11.

DANMAP, 1998.

Consumption of anti-microbial agents and occurrence of anti-microbial resistance in bacteria from food animals, food and humans in Denmark, p 11.

DUPONT H.L., STEELE J.H., 1987.

Use of anti-microbial agents in animal feeds: implications in human health. *Rev. Infect. Dis.*, 9, 447-460.

EUROPEAN COMMISSION, 1999.

Opinion of the scientific steering committee on anti-microbial resistance, 28 Mai, 77 pp.

GARRES P., 1999.

In : Symposium "De l'élevage à l'assiette du consommateur au 3ème millénaire", UFR Sciences de l'Université de Tours, Tours, France, 26 Février.

GREKO C., 1998.

Use of antibiotics for animals from 1980 to 1997. The Swedish model of animal production, 28 p.

ICE A.D., GRANT A.L., CLARK L.K., CLINE T.R., EINSTEIN M.E., DIEKMAN M.A., 1997.

Health and lean performance of barrows reared in all-in, all-out or continuous flow facilities with or without antibiotic. *Purdue University 1997 Swine Day Report*.

ITP, 2000.

Porc par les chiffres 2000. ITP (éditeur), France, 48 pp.

ITP, 1999.

Porc Performance 98. ITP (éditeur), France, 54 pp.

JORSAL S.E., 1999.

Experience with stop for the use of anti-microbial growth promoters in pig production and adjustment of management. In: *Proc. EAAP*, Zurich, Suisse, 22-26 Août.

KJELDSSEN N., HANSEN C.F., PEDERSEN A.O., 1999.

Experiences of the voluntary ban of growth promoters for pigs in Denmark. In : Proc. EAAP, Zurich, Suisse, 22-26 Août.

KJELDSSEN N., 1999.

Situation au Danemark. In : Conférence sur la suppression des facteurs de croissance, AF-TAA, Paris, France, 10 février.

MACKINNON, J.D., 1986.

The role of growth promoters in pig production. The Pig Veterinary Society Proceedings, 17, 69-100.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION ET DE LA PECHE SUEDOIS, 1997.

Pouvons-nous utiliser moins d'antibiotiques, Regeringskanliet (éd), Stockholm, 31 p.

MUDD A.J., LAWRENCE K., WALTON J.R., 1999.

Animal usage of anti-microbials in Sweden 1986-1996, kg active substance or potency ? The Pig Journal, 43, 165-169

PROVOST M., 1998.

Les antibiotiques sur la sellette. Revue de l'alim. anim., n°515, avril 1998, 45-51

RAOUL P., 1999.

Conséquences générales de la suppression des facteurs de croissance. In : Conférence sur la suppression des facteurs de croissance, AFTAA, Paris, France, 10 février.

RAOUL P., 1997.

Les régulateurs de flore : intérêt, résultats technico-économiques. In: Conférence sur l'utilisation des antibiotiques comme additifs en alimentation animale Réunion du SYNPA, Paris, France, juillet.

ROBERTSSON J., LUNDEHEIM N., 1994.

Prohibited use of antibiotics as a feed additive for growth promotion-effects on piglets and production parameters. In : Proceedings of the 13th IPVS Congress, Bangkok, Thailand, 23-26 June.

ROTH H., 1999.

Situation en Allemagne. In : Conférence sur la suppression des facteurs de croissance, AF-TAA, Paris, France, 10 février.

THE NATIONAL COMMITTEE FOR PIG BREEDING, HEALTH AND PRODUCTION, 2001.

Annual report 2000, p 23.

THE NATIONAL COMMITTEE FOR PIG BREEDING, HEALTH AND PRODUCTION, 2000.

Annual report 1999, p 37.

THE NATIONAL COMMITTEE FOR PIG BREEDING, HEALTH AND PRODUCTION, 1999.

Annual report 1998, p.18-19.

THE NATIONAL COMMITTEE FOR PIG BREEDING, HEALTH AND PRODUCTION, 1998.

Annual report 1997, p.23.

THE NATIONAL COMMITTEE FOR PIG BREEDING, HEALTH AND PRODUCTION, 1997.
Annual report 1996, p.24.

TRONSTAD A., 1997.

The Swedish ban on antibiotic growth promoters in animal feeds. *The pig journal*, 40, 89-98.

VIAENE J., 1997.

Antimicrobials ban hits Swedish production. *Feed Mix*, 5, n°4, 27-29.

VIAENE J., DE CRAENE A., 1992.

Do performance enhancers for animals benefit consumers ? University of Ghent, Faculty of agricultural Sciences, Department of Agro-Marketing, septembre, 136 pp.

Conclusion générale

L'emploi d'antibiotiques facteurs de croissance (AFC) dans l'élevage, auquel s'opposent la plupart des organisations de consommateurs et plusieurs Etats membres abolitionnistes, constitue un enjeu de société important au sein de l'Union européenne.

Alors que l'opinion publique est sensibilisée par les différentes crises alimentaires, les autorités européennes ont décidé en 1997 de retirer l'autorisation de vente de l'avoparcine, puis fin 1998 celles de quatre autres molécules antibiotiques (bacitracine zinc, spiramycine, tylosine, virginiamycine) ainsi que des deux facteurs de croissance stricto sensu (carbadox, olaquinox).

Depuis septembre 1999, trois substances restent autorisées (avilamycine, flavophospholipol, salinomycine) mais la législation européenne peut de nouveau évoluer.

Par ailleurs, la suspicion quant au rôle joué par les additifs antibiotiques dans la progression des phénomènes d'antibiorésistance bactérienne et la mauvaise image qui en découle conduisent certaines filières de la production porcine française et européenne à ne plus utiliser d'additifs antibiotiques même si trois molécules sont toujours autorisées.

Les effets d'un retrait généralisé des AFC sont connus grâce à l'expérience suédoise mais aussi au retrait mis en place récemment par la filière danoise.

En Suède, l'âge à 25 kg se serait accru de cinq à six jours et le taux de pertes de 1 à 2 % pendant la période 1986-1987 par rapport à 1985. Le ministère suédois indique également un doublement du nombre d'animaux atteints de diarrhées et du nombre de traitements vétérinaires, ainsi qu'une progression de l'usage thérapeutique d'olaquinox, d'où des tonnages utilisés en 1986-1987 finalement identiques à ceux de 1985 malgré la suppression de leur usage comme additifs.

Au Danemark des aliments sans facteurs de croissance en engraissement ont été adoptés depuis 1998 sans difficultés pour 65 % des troupeaux. Cependant, 10 % des élevages auraient rencontré des problèmes durables et importants.

Les bilans de performances des troupeaux danois montrent que la vitesse de croissance a continué d'augmenter en 1998 et 1999 alors que l'IC s'était dégradé en 1998 avant de retrouver en 1999 son niveau de 1997. Le taux de pertes en engraissement atteint 3.58 % en 1999 contre 3.24 % en 1997.

En post sevrage la suppression progressive des facteurs de croissance n'a pas été sans problème. Le GMQ moyen de post sevrage était en recul à 407 g en 1999, contre 427 g en 1998 alors que le taux de pertes progressait à 3.6 % contre 2.9 % l'année précédente.

Le présent travail présente les caractéristiques de plusieurs catégories d'additifs et étudie les conséquences technico-économiques pour la production porcine française du retrait partiel effectif depuis 1999 des AFC et d'un éventuel retrait total.

A partir des références techniques disponibles sur l'utilisation des différents produits alternatifs, il évalue également l'intérêt de ceux-ci.

L'utilisation des additifs dans l'Union européenne est soumise à une réglementation européenne commune depuis 1970. Cette législation défend les intérêts du fabricant et de l'éleveur ainsi que ceux du consommateur. Les additifs ne peuvent être autorisés qu'après avoir démontré leur innocuité, leur stabilité et leur efficacité. Chaque autorisation d'additif prévoit des conditions précises d'utilisation et fixe l'espèce cible, l'âge maximal des animaux et les doses d'incorporation à l'aliment.

L'emploi des AFC remonte aux années 1950 et plusieurs explications sont proposées quant à leur mode d'action. Actuellement, leur contribution relative à la sélection de souches bactériennes résistantes aux antibiotiques retient le plus l'attention. A cet égard, les experts sont partagés quant à l'effet de faibles doses dans l'apparition de phénomènes d'antibiorésistances. Il semble que celui-ci soit limité.

Les nouveaux additifs, alternatifs aux AFC, sont d'origine variée mais interviennent pour la plupart au niveau digestif. Leurs modes d'action sont désormais mieux connus.

Les probiotiques constitués de bactéries ou de levures sélectionnées sont apportés régulièrement et en forte quantité (au moins 10^6 ufc/g d'aliment) dans le régime afin d'influencer favorablement les phénomènes digestifs. Ils ne s'implantent pas dans le tube digestif, ce qui justifie leur apport continu.

L'apport d'acidifiants dans l'alimentation aide à acidifier le contenu stomacal, contribue à l'activation des enzymes de dégradation des protéines, et favorise la flore acidophile.

L'incorporation d'enzymes dans les aliments vise à pallier le déficit enzymatique chez le jeune porcelet, à renforcer la digestibilité de certains constituants des matières premières en particulier des polysaccharides, et à utiliser à des taux plus élevés certaines matières premières.

L'intérêt des argiles comme agents technologiques est lié à leurs propriétés physiques, lesquelles permettraient également une action favorable sur le tractus intestinal.

Les oligo-saccharides constituent des substrats favorables à la multiplication intestinale de *Bifidobacterium* et des lactobacilles, d'où découle un effet probiotique avec limitation de la flore pathogène et production d'acides gras volatils.

Deux oligo-éléments, le cuivre et le zinc, ont des effets reconnus sur les performances de croissance des animaux. Cependant les doses efficaces du zinc ne sont actuellement pas autorisées en Europe et le risque d'une accumulation future du cuivre dans les sols pourrait prochainement conduire à diminuer la teneur autorisée à un niveau inférieur au seuil d'efficacité.

De nombreux produits d'origine végétale sont déjà utilisés dans l'alimentation porcine. Il s'agit principalement de plantes ou d'extraits de plantes, d'épices et d'huiles essentielles dont les principes actifs sont bénéfiques mais aussi de produits analogues de synthèse.

Les comparaisons entre lots témoins et lots supplémentés relevées dans la bibliographie indiquent l'effet zootechnique le plus marqué en post sevrage pour les AFC (47 comparaisons positives sur 50) et le cuivre (23 sur 26). Les améliorations moyennes obtenues du gain moyen quotidien (GMQ) sont respectivement de 11.6 % et 12.3 %, celle de l'indice de consommation (IC) de 6.5 % et 4.8 %.

Les résultats sont également fortement améliorés avec une supplémentation entre 2000 et 3000 mg/kg en oxyde de zinc de l'aliment post-sevrage mais la réglementation européenne n'autorise pas de telles doses.

L'emploi d'acides utilisés seuls ou en association se traduit par une amélioration intermédiaire des performances du porcelet (92 cas positifs sur 116 résultats, à un niveau significatif dans 40 % des comparaisons) avec une hausse moyenne de 5.9 % du GMQ et une réduction de 3.2 % de l'IC.

Les résultats d'essais effectués sur porcelets avec des micro-organismes (25 cas sur 46) ou des enzymes (15 sur 28) s'avèrent relativement favorables mais peu sont significatifs. L'amélioration moyenne du GMQ est respectivement de 2.5 et 2.8 % ; celle de l'IC de 1.8 % pour les deux catégories.

Un effet positif, rarement significatif, des argiles est obtenu dans 10 comparaisons sur 20 et se traduit par une amélioration du GMQ de 3 % en moyenne alors que l'IC est détérioré de 0,3 %.

Le nombre d'études sur les produits à base de plantes, y compris les oligo-saccharides est encore très faible. Environ la moitié montre un classement positif, mais peu se révèlent significatives sur le plan statistique à l'exception des huiles essentielles. Il apparaît donc difficile de donner une appréciation sur l'efficacité de l'une des différentes catégories de préparations végétales.

En engraissement l'incidence des additifs est de moindre ampleur. Avec les AFC (52 réponses positives sur 72), l'amélioration moyenne du GMQ est de 3.1 % et celle de l'IC de 2.5 %, mais l'étude statistique n'est pas toujours disponible.

L'apport d'acidifiants se traduit par un effet positif dans 20 cas sur 35 et par une amélioration moyenne de 2.7 % du GMQ et de 1.8 % de l'IC. Avec les enzymes l'amélioration atteint 3.4 % pour le GMQ et 2.6 % pour l'IC mais les résultats, positifs dans 14 comparaisons sur 21 sont rarement statistiquement significatifs. Il en est de même avec les micro-organismes où 5 comparaisons sur 10 sont positives (+1.3 % de GMQ et -2.3 % en IC). Pour cette catégorie des résultats significatifs existent en début d'engraissement. Positifs dans 9 comparaisons sur 16, les résultats avec les argiles ne sont jamais significatifs et montrent une amélioration moyenne du GMQ de 1.3 %, une dégradation de l'IC brut de 1.1 % et une amélioration de l'IC énergétique de 1.2 %.

L'enquête réalisée par l'ITP auprès des firmes de l'industrie de l'alimentation animale montre des prix relativement élevés des catégories alternatives. En effet, les volumes vendus sont encore faibles et les coûts de recherche et de développement ne sont pas amortis. A l'inverse, les AFC grâce à un développement ancien et à des quantités commercialisées importantes, ont des tarifs faibles.

Il ressort de l'approche économique qu'une suppression totale des AFC, en l'absence d'additifs de remplacement, se traduirait dans le cas d'un élevage naisseur-engraisseur "moyen" et pour une réponse technique moyenne, par une augmentation élevée du coût de production de 11.90 FF par porc charcutier produit.

Les produits alternatifs dont disposent aujourd'hui les éleveurs ne permettent pas toujours de compenser ce manque à gagner. Au contraire, il peut se trouver accentué lorsque l'augmentation de performances est nulle ou trop faible.

Sur la base d'hypothèses techniques moyennes, l'utilisation des trois principaux produits de remplacement non antibiotiques (enzymes, acidifiants, probiotiques) se traduit par une hausse des coûts de production entre 7.80 et 14.10 F par porc produit. L'emploi des facteurs de croissance encore autorisés, dont le prix était plus élevé en 1999, se traduit par une hausse du coût de production de 2.90 F.

Cependant, la très forte variabilité des performances techniques apparaissant pour chaque catégorie de produit conduit à des écarts importants entre les hypothèses haute et basse d'intérêt économique et conduit à une certaine prudence dans les conclusions.

Les produits alternatifs ne constituent pas la seule ressource face à la suppression des AFC. Des améliorations relatives à la conduite alimentaire et à l'hygiène de l'élevage peuvent être utiles en particulier lorsque des difficultés liées à des troubles de type digestif existent. Les solutions alimentaires se rapportent au rationnement, aux caractéristiques nutritionnelles, à la formulation, à la présentation des aliments, et aux traitements technologiques. La présente étude n'explore pas ces solutions techniques.

A l'exception de la Suède et du Danemark, un retrait généralisé des AFC n'est pas intervenu en France ni ailleurs en Europe où trois molécules restent autorisées. Les élevages, qu'ils connaissent ou non des difficultés d'ordre sanitaire, ont donc toujours la possibilité d'y recourir.

Pour d'autres qui s'engagent dans un retrait volontaire par exemple dans le cadre d'une démarche qualité ou d'un cahier des charges, les conséquences apparaissent avant tout économiques.

Le retrait des AFC peut être éventuellement suivi de difficultés d'élevage notamment d'une dégradation des performances et de diarrhées. Dans ces circonstances où des solutions spécifiques doivent être apportées, le risque existe d'une augmentation de l'utilisation thérapeutique des antibiotiques.

En l'absence d'incidents sanitaires, il faut néanmoins s'attendre à une réduction du gain de croissance et à une hausse de l'indice alimentaire, et en conséquence à un surcoût de production. Les effets négatifs peuvent rester seulement transitoires grâce à une grande rigueur dans la conduite d'élevage et grâce aux techniques alternatives mais l'avantage économique procuré par celles-ci apparaît très variable. Quoi qu'il en soit, les conséquences économiques, même réelles, apparaissent de second rang face à l'enjeu de la confiance du consommateur dans la viande de porc.