ParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

AgroParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET INDUSTRIES DU VIVANT ET DE L'ENVIRONNEMENT
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY FOR LIFE, FOOD AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

Ecole Doctorale ABIES
Agriculture
Agriculture
Alimentation
Food
Biologie
Biology
Environnement
Environment
Santé
Health

Doctorat ParisTech

T H È S E

pour obtenir le grade de docteur délivré par

L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement

(AgroParisTech)

Spécialité : Systèmes d'élevage et filières animales

présentée et soutenue publiquement par

Frédéric PABOEUF

le 12 juillet 2011

Approche expérimentale de deux systèmes de production porcine différenciés par le mode de logement : Contribution à la recherche d'un développement durable.

Directeur de thèse : **Jean-Yves DOURMAD**
Co-encadrement de la thèse : **Jean LOSSOUARN**

Jury

Paul AUFFRAY : Chambres d'agriculture de Bretagne - Rennes, examinateur
Michel BONNEAU : Agrocampus Ouest - Rennes, rapporteur
Jean-Yves DOURMAD : INRA, UMR Senah - Saint-Gilles, examinateur
Jean LOSSOUARN : AgroParisTech - Paris, Président
François MADEC : ANSES - Ploufragan, examinateur
Charles-Henri MOULIN : Supagro - Montpellier, rapporteur
Yvon SALAÜN : IFIP - Le Rheu, examinateur

AgroParisTech
INRA - UMR Senah, 35590 Saint-Gilles
Chambres d'Agriculture de Bretagne, 35042 Rennes cedex

Remerciements

Je tiens à remercier Jean-Yves Dourmad et Jean Lossouarn qui ont pris le risque d'encadrer mon travail de thèse tout en sachant que mes activités ne faciliteraient pas l'avancement de mes travaux. En me laissant la façonner à ma main, leurs interventions furent toujours salutaires et bénéfiques, m'évitant souvent la dispersion qui me guettait, m'encourageant continuellement. Travailler à leur coté m'a réellement fait grandir.

Mes remerciements les plus sincères vont aussi à Marie-Christine Salaün de l'UMR Senah de l'INRA Saint-Gilles (35) et Roland Cariolet de l'ANSES Ploufragan (22). Leur disponibilité, leur implication, les commentaires qu'ils ont pu faire me furent essentiels tout au long de ces années de collaboration. Ils ont contribué à ma réflexion. Tous les remerciements à l'équipe de l'unité protégée de l'ANSES, particulièrement à André Keranflec'h. Merci à François Madec et Philippe Vannier de l'ANSES Ploufragan. Avec Roland Cariolet, ils m'ont grandement indiqué *la voie à suivre* un jour de juin 2000. Toute ma gratitude aux collègues du module II du programme de recherche *Q-PorkChains,* et tout particulièrement à Michel Bonneau d'agrocampus Ouest (35). Ma participation à ce programme m'a été bénéfique et m'a offert une ouverture précieuse.

Qu'il me soit permis de remercier les membres du jury qui ont contribué à faire progresser ma réflexion sur l'approche des systèmes d'élevage en production porcine.

Ce travail de thèse n'aurait pas vu le jour sans la participation du personnel technique de la station régionale porcine de *Crécom* qui a travaillé, sans relâche, sous ma responsabilité pendant près de 3 années. Je tiens à remercier Francis Guengant, Cédric Guillou, Dominique Lesaicherre, Philippe Lirzin. Je voudrais exprimer toute ma gratitude à Michel Gautier dit *Mickey* sans qui ce travail eût été impossible. Nous avons partagé les joies et les galères de la construction et du fonctionnement d'un outil expérimental. Il a été une locomotive et demeure un collègue hors pair. Merci pour tout…

Merci à Paul Auffray, responsable professionnel à la Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor et président du pôle Recherche, Développement et Formation (RDF) porc-aviculture des Chambres d'agriculture de Bretagne, pour l'attention bienveillante qu'il a portée à mes travaux de recherche. Je tiens à remercier Jean Dumortier et Brigitte Landrain, responsables du pôle RDF porc-aviculture, pour m'avoir donné la possibilité en 2007 d'engager ce projet, puis de le mener à bien.

Je souhaite adresser mes remerciements à mes collègues de la Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor et des Chambres d'agriculture de Bretagne qui ont contribué, de près ou de loin, au prototypage du dispositif expérimental mis en œuvre sur la station régionale porcine de *Crécom*. Mes remerciements les plus sincères vont aussi aux Instituts de recherche scientifique et technique, aux organisations économiques bretonnes qui ont participé activement entre 2001 et 2003 à la conception du dispositif.

Tous mes remerciements vont à Catherine Le Brech-Ridard, responsable du service financier, et Jean-Paul Hamon du service aménagement et environnement de la Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor. Leurs implications dans la reconstruction de la station régionale porcine de *Crécom* ont souvent été salutaires. Toute ma gratitude à Janick Deniaud et Joël Ollivier du Conseil général des Côtes d'Armor, à Gilles Oger de la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt des Côtes d'Armor, pour leurs contributions actives et efficaces au montage des dossiers administratifs relatifs à la reconstruction de la station régionale porcine de *Crécom*. Merci aux deux maîtres d'œuvre de la société Alcyon (35), Patrick Chauvois et surtout Louis Ecobichon. En dépit de relations parfois discordantes, il faut reconnaître qu'un tour de force a été accompli. Reconstruire une

station expérimentale en moins de 10 mois, il fallait vraiment le faire ! Qu'il me soit permis de remercier les entreprises qui m'ont fait passé *du rêve à la réalité*. Elles ont été présentes au delà de la réalisation de l'outil expérimental, s'impliquant largement dans son fonctionnement.

Ma reconnaissance va au professionnalisme des partenaires techniques de la station régionale porcine de *Crécom* avec qui j'ai travaillé en étroite collaboration entre 2006 et 2008 : la famille Le Men et Yves Chatelain de la société Le Men, Maurice Gétain de la société MG2mix, René Moureau de la firme Prisma, Hervé Pirouelle de la société Nucléus, Jean-François Frontin de la coopérative du Garun, Thierry Mener de la coopérative la Cooperl, Olivier Rémigéreau du groupement de producteurs CAP 50, Alain Picolier et Jean-Miche Avoine du groupement de producteurs Aveltis. Je tiens également à remercier Rémi Corbel, cultivateur à Glomel chargé de l'approvisionnement en paille du dispositif. L'intérêt qu'ils ont porté à ce projet a enrichi ma réflexion.

Mon travail ne serait pas ce qu'il est sans Pierre Auffray, Claude Aurégan, Anne et Gilles Beyer, Jacques Boishardy, Daniel Boscher, Hervé Colombel, Patrick Cornec, Pierre Facy, Patrick Fairier, Claudine et Alain Favrel, Dominique et Philippe Gautier, Anne et Philippe Hervé, Peggy et Jean-Marie Josselin, Jean-Paul Lancien, Jean-Luc Le Bouder, Pierre Le Floc'h, Nadège et Jérôme Le Maître, Annie Le Roux, Louis Le Rue, Pierre Lochou, Pierre Morfouace, Philippe Raoul, Chantal, Jean-Claude et Benoît Rouxel, Yannick Thomas, François Tillard et tous les autres agriculteurs que j'ai croisés sur ma route aux cours de ces 10 dernières années. Leur patience, leur ouverture d'esprit, leur pertinence, leur hospitalité ont été autant d'encouragements à mener à bien ce projet. Nos discussions ont été riches et j'espère avoir su les faire fructifier. Merci à Françoise et Jean-Yves Coadic, Pascal Guyomard, Bernard Megret, Pierre Latimier, Michel Le Borgne, Irène Guérin et Jean Salmon pour leur perspicacité et leur approche pragmatique du monde de l'élevage. Merci à toi, Richard Helary ! Salarié à la SCEA de Kermerrien à Trévérec. Sache que le moment passé à tes côtés m'a ouvert les yeux, me confortant un peu plus dans ce que je suis.

Toute ma gratitude à Lina Lozac'h et Bernard Paboeuf qui m'ont apporté une aide inestimable dans la rédaction de ce mémoire. Merci à Ginette Lincot et Charles Le Maître pour avoir relu ce document. Mes remerciements à Catherine Calvar pour la lecture du volet *matériel et méthode* de ce travail de thèse. Tous mes remerciements à Thierry Sohier et surtout Yohann Rabasté pour la touche finale concernant la mise en page de ce document. Enfin, toute ma reconnaissance à Marie-Pierre Gouriou et Madeleine Lefaucheur pour la gestion efficace des dossiers relatifs à mes activités professionnelles parallèles, pour leur grande disponibilité et surtout leur bonne humeur.

Merci à mes parents, à ma sœur et à mon frère. Je suis heureux de partager avec eux la satisfaction de *l'avoir fait* !

Enfin, je remercie mon épouse Solenn qui m'a soutenu tout au long de cette épreuve et qui a su trouver les mots dans mes nombreux moments de doutes. Toutes mes excuses à mes filles Anna, Maëlle et Maya pour mes nombreuses absences, au sens propre comme au figuré.

Table des matières

Introduction ***1***

1 Un modèle unique de développement : La trajectoire d'évolution de la production porcine en Bretagne ***3***

1.1 A partir de 1950, l'entrée de l'agriculture dans le monde industriel ***3***
1.1.1 La modernisation de l'agriculture 3
1.1.2 La vulgarisation des techniques 4

1.2 A partir de 1960, une véritable révolution en Bretagne ***5***
1.2.1 La loi d'orientation de 1960 et la loi complémentaire de 1962 5
1.2.2 La Politique Agricole Commune de 1962 6
1.2.3 Le plan de rationalisation de la production porcine 7

1.3 La production porcine en Bretagne : L'émergence et le développement du modèle agricole breton ***9***
1.3.1 1970 - 1980 : Naissance d'un modèle original de développement 9
1.3.2 1980 - 1990 : Restructuration en amont et en aval de l'élevage 10
1.3.3 1990 - 2000 : Poursuite de la croissance de la production 11
1.3.4 2000 – 2010 : Stagnation de la production 12

1.4 Un modèle de développement dans la tourmente, des crises de confiance ***13***
1.4.1 Les externalités négatives générées par l'élevage 13
1.4.2 Les produits agricoles et la santé publique 16
1.4.3 La diminution de la biodiversité 17

2 L'avènement du développement durable : L'inflexion du modèle productiviste ***18***

2.1 Vers une agriculture multi-fonctionnelle ***18***
2.1.1 A partir de 1992 : Réduction des prix et aides directes 18
2.1.2 A compter de 1999 : Vers un développement rural durable 19
2.1.3 Dès 2003 : *L'éco-conditionalité* imposée par l'Union Européenne 19

2.2 La production porcine en Bretagne : S'adapter aux nouveaux enjeux ***21***
2.2.1 La recherche de gains de productivité 21
2.2.2 Des mesures pour limiter l'impact de l'élevage sur l'environnement 22
2.2.3 La sécurité sanitaire des produits 25
2.2.4 Améliorer les conditions d'élevage pour le bien-être des animaux 27

2.3 Un secteur toujours en crise ***29***
2.3.1 Un marché fortement concurrencé 29
2.3.2 Un modèle de développement toujours contesté 32
2.3.3 Des situations financières tendues 33
2.3.4 L'avènement de nouvelles préoccupations sanitaires 34
2.3.5 Les réformes des politiques agricoles 35

3 La place de la recherche dans le développement des modèles d'élevage ***37***

3.1 De la démarche analytique à la systémique ***37***
3.1.1 La restauration scientifique des *trente glorieuses* (1950 – 1980) 37
3.1.2 Une *recherche appliquée* au plus près des éleveurs 38
3.1.3 Un outil expérimental de recherche appliquée : La station porcine de *Crécom* 39
3.1.4 Vers la définition de nouveaux modèles d'élevage 41

3.2 La démarche systémique, une entrée dans la complexité ***42***
3.2.1 La caractéristisation des phénomènes perçus comme complexes 42
3.2.2 L'intelligibilité des phénomènes complexes 43
3.2.3 L'application à l'entreprise 44

3.3 Le système d'élevage : Un concept pour raisonner la transformation des élevages ***44***
3.3.1 Les processus pilotés : Le *système opérant* 44
3.3.2 Le processus de pilotage : Le *système de décision* 46

3.4 Approcher la complexité : L'expérimentation système ***49***

3.4.1 La conception des itinéraires techniques ... 49
3.4.2 La conduite des itinéraires techniques ... 51
3.4.3 L'évaluation des itinéraires techniques ... 51

4 Approche expérimentale des systèmes d'élevage : Eléments de choix et définition des corps de pratiques ... 53

4.1 La question du renouvellement d'un outil vieillissant : Vers de nouveaux paradigmes de l'élevage porcin ... 53
4.1.1 Un réseau régional de stations expérimentales en évolution ... 53
4.1.2 Un premier projet conventionnel sur caillebotis ... 54
4.1.3 La contestation du projet, le rejet du modèle agricole breton ... 55
4.1.4 Vers une *expérimentation système* ... 56

4.2 La conception du dispositif expérimental ... 57
4.2.1 Les objectifs : Vers des modes de production plus durables ... 57
4.2.2 La définition sous contraintes de deux systèmes s'élevage ... 58
4.2.3 La diversité des modes d'élevage intra-système ... 60
4.2.4 Des bâtiments de conception traditionnelle ... 61
4.2.5 Un dispositif ouvert sur son environnement ... 62

4.3 Le fonctionnement des systèmes d'élevage : Les Règles de Décisions ou RdD ... 63
4.3.1 La conduite en bande des systèmes d'élevage ... 63
4.3.2 Le statut sanitaire des reproducteurs ... 64
4.3.3 La mise en lots des animaux ... 65
4.3.4 L'abreuvement et l'alimentation ... 65
4.3.5 Les interventions thérapeutiques et les traitements hormonaux ... 67
4.3.6 La protection sanitaire du dispositif ... 68
4.3.7 L'ambiance dans les salles ... 69
4.3.8 La gestion des litières et des effluents dans les bâtiments ... 69

4.4 L'évaluation des itinéraires techniques ... 70
4.4.1 Les variables mesurées : Le *système d'information* ... 70
4.4.2 Le traitement de l'information ... 76

5 Comparaison des itinéraires techniques : Résultats expérimentaux ... 78

5.1 Les caractéristiques climatiques et températures dans les salles ... 79
5.1.1 Température extérieure ... 79
5.1.2 Température intérieure ... 80

5.2 L'incidence des modalités d'élevage sur les performances de reproduction ... 80
5.2.1 Alimentation ... 81
5.2.2 Abreuvement ... 82
5.2.3 Poids et état corporel ... 82
5.2.4 Performances de lactation ... 82
5.2.5 Performances de fécondité ... 83

5.3 L'incidence des modalités d'élevage sur les performances des porcs en croissance et la qualité des carcasses ... 84
5.3.1 Alimentation ... 85
5.3.2 Abreuvement ... 85
5.3.3 Performances de croissance ... 86
5.3.4 Caractéristiques des carcasses ... 87

5.4 L'incidence des modalités d'élevage sur le comportement des animaux ... 88
5.4.1 Comportement des truies en gestation ... 88
5.4.2 Comportement des porcs charcutiers élevés sur litière de paille ... 93

5.5 L'incidence des modalités d'élevage sur la santé des animaux ... 93
5.5.1 Observations cliniques et interventions médicales ... 94
5.5.2 Évaluation expérimentale du statut sanitaire des animaux des deux systèmes ... 97
5.5.3 Dépenses de santé ... 99

5.6 L'incidence des modalités d'élevage sur l'utilisation de l'eau, de la litière et la production d'effluents *100*
5.6.1 Utilisation de l'eau pour les opérations de lavage 100
5.6.2 Utilisation de la litière et production de fumiers 101
5.6.3 Production de lisier 105

5.7 L'incidence des modalités d'élevage sur la composition des effluents et le bilan des éléments fertilisants *107*
5.7.1 Rejets en azote, en P_2O_5 et en K_2O des truies et de leur portée 107
5.7.2 Rejets en azote, en P_2O_5 et en K_2O des porcs en croissance 108
5.7.3 Bilan pour les systèmes d'élevage complets 109

5.8 L'incidence des modalités d'élevage sur les besoins en énergie *111*
5.8.1 Consommations en gasoil de l'engin de manutention des litières 111
5.8.2 Consommation en électricité 112

5.9 L'incidence des modalités d'élevage sur le coût d'investissement et le travail *114*
5.9.1 Coûts d'investissement 114
5.9.2 Charge en travail 116

5.10 L'incidence des modalités d'élevage sur la rentabilité économique *119*
5.10.1 Système *Caillebotis* : Effet du mode d'élevage 119
5.10.2 Système *Litière* : Comparaison des itinéraires techniques 120
5.10.3 Impact du système d'élevage sur le coût de production 120

6 Approche intégrée des systèmes d'élevage, discussion des résultats *122*

6.1 Les résultats expérimentaux *122*
6.1.1 Modalités de logement des animaux 122
6.1.2 Performances des truies reproductrices 125
6.1.3 Performances de croissance et des carcasses 129
6.1.4 Comportement des animaux 133
6.1.5 Santé des animaux 136
6.1.6 Production d'effluents 140
6.1.7 Production d'éléments fertilisants 144
6.1.8 Besoin en énergie 146
6.1.9 Rentabilité économique 147

6.2 Les intérêts et les limites de l'expérimentation système *149*
6.2.1 Originalité d'une *expérimentation système* 150
6.2.2 Pour une analyse plus exhaustive des systèmes d'élevage 151

6.3 Vers une représentation synthétique des systèmes d'élevage *153*
6.3.1 Évaluation des différents itinéraires de production de porcelets 153
6.3.2 Évaluation des différents itinéraires d'élevage des porcs en croissance 154

6.4 La reconfiguration des systèmes d'élevage *155*
6.4.1 Système *Litière* : Un libre accès à l'alimentation et une modification de la conduite 155
6.4.2 Système *Caillebotis* : Une amélioration du bien-être des truies 156
6.4.3 Réduire la dépendance énergétique des systèmes d'élevage 156
6.4.4 Une évolution du système d'évacuation du lisier et de la valorisation des effluents 157
6.4.5 Des systèmes d'élevage et d'exploitation intégrés dans le territoire 157

Conclusion *158*

Annexes *160*

Références bibliographiques *163*

Publications et communications issues de ce travail de thèse *182*

Table des illustrations

Tableaux

Tableau 4.1
Innovations techniques développées au cours des trois étapes de la construction du dispositif expérimental. 59

Tableau 4.2
Description des modes de logement et d'alimentation – Troupeaux de truies. 65

Tableau 4.3
Description des modes de logement et d'alimentation – Post-sevrage. 65

Tableau 4.4
Description des modes de logement et d'alimentation – Engraissement. 65

Tableau 5.1
Incidence de la saison sur la température extérieure. 79

Tableau 5.2
Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur la température dans les salles de pré-troupeau et de gestation. 80

Tableau 5.3
Incidence du mode de logement et d'alimentation des porcs en croissance sur les températures dans les salles de post-sevrage et d'engraissement. 80

Tableau 5.4
Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur les consommations d'aliment et sur les niveaux d'abreuvement. 81

Tableau 5.5
Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur l'état pondéral et corporel, sur les performances de lactation et de reproduction. 82

Tableau 5.6
Incidence du mode de logement et d'alimentation des porcs en croissance sur les performances zootechniques. 85

Tableau 5.7
Performances zootechniques et plus value technique par niveau d'interaction significative (P<0,05) : Sexe x Mode d'alimentation en engraissement (SexAl), Système x Mode d'alimentation en engraissement (SyxAl) et Système x Sexe (SyxSe). 86

Tableau 5.8
Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur les activités stéréotypées 88

Tableau 5.9
Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur les lésions corporelles. 90

Tableau 5.10
Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur les postures. 92

Tableau 5.11
Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur le déroulement de la gestation, de la mise bas et de la lactation. 94

Tableau 5.12
Incidence du mode de logement et d'alimentation des porcs en croissance sur le pourcentage de mortalité, des animaux placés en observation à l'abattoir et des observations cliniques. 96

Tableau 5.13
Incidence du système d'élevage et du rang de portées sur les performances de croissance des porcs des systèmes Litière, Caillebotis et EOPS. 98

Tableau 5.14
Bilan des recherches des contaminants au terme de l'essai. 99

Tableau 5.15
Incidence du système d'élevage sur les dépenses de santé et les frais divers selon la nomenclature proposée par les Chambres d'agriculture de Bretagne [2010]. 99

Tableau 5.16
Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies sur les besoins en eau pour les opérations de lavage et de désinfection des salles. 101

Tableau 5.17
Incidence du mode de logement et d'alimentation des porcs en croissance sur les besoins en eau pour les opérations de lavage et de désinfection des salles. 101

Tableau 5.18
Estimation des besoins en eau d'un élevage naisseur et engraisseur suivant différentes modalités de logement et d'alimentation des animaux. 101

Tableau 5.19
Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur les flux de litière et de fumier. 102

Tableau 5.20
Incidence du mode de logement et d'alimentation des porcs en croissance sur les flux de litière et de fumier. 103

Tableau 5.21
Estimation du besoin en litière et de la production de fumier d'un élevage naisseur et engraisseur suivant différentes modalités de logement et d'alimentation des animaux. 104

Tableau 5.22
Estimation des productions de lisier d'un élevage naisseur et engraisseur sur caillebotis suivant différentes modalités de logement et d'alimentation des animaux. 106

Tableau 5.23
Incidence du mode de logement et d'alimentation des truies sur le bilan des éléments fertilisants. 107

Tableau 5.24
Incidence du mode de logement et d'alimentation des porcs en croissance sur le bilan des éléments fertilisants. 108

Tableau 5.25
Estimation des productions annuelles d'azote, de phosphore et de potassium d'un élevage naisseur et engraisseur suivant différentes modalités de logement et d'alimentation des animaux. 109

Tableau 5.26
Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies sur les besoins en carburant - Système Litière. 111

Tableau 5.27
Incidence du mode de logement et d'alimentation des porcs en croissance sur les besoins en carburant - Système Litière. 111

Tableau 5.28
Estimation des besoins annuels en carburant d'un engin de manutention de la litière et du fumier d'un élevage naisseur et engraisseur conçu sur support meuble. 112

Tableau 5.29
Estimation des coûts d'investissement d'un élevage naisseur et engraisseur suivant les différentes modalités de logement et d'alimentation des animaux. 114

Tableau 5.30
Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies sur les besoins en main d'œuvre. 116

Tableau 5.31
Incidence du mode de logement et d'alimentation des porcs en croissance sur les besoins en main d'œuvre. 117

Tableau 5.32
Estimation des besoins en main d'œuvre d'un élevage naisseur et engraisseur suivant différentes modalités de logement et d'alimentation des animaux. 117

Tableau 5.33
Estimation de la rentabilité d'un élevage naisseur et engraisseur suivant différentes modalités de logement et d'alimentation des animaux. 119

Figures

Figure 1.1
Evolution de la production et de la consommation en France. 12

Figure 1.2
Nombre de porcelets sevrés par truie productive et par an. 13

Figure 1.3
Représentation des flux de nutriments dans une exploitation d'élevage. 13

Figure 1.4
Evolution des teneurs en nitrates des cours d'eau en Bretagne. 14

Figure 2.1
Cantons en Zones en Excédent Structurel en Bretagne. 22

Figure 2.2
Zones d'Actions Complémentaires en Bretagne, directive nitrate. 23

Figure 2.3
Evolution du prix du porc. 33

Figure 2.4
Solde entre le prix payé et le coût de revient. 33

Figure 3.1
Représentation des sous-systèmes du système Exploitation-Famille. 44

Figure 3.2
Processus de production de biens et de services. 45

Figure 3.3
Processus d'organisation technique. 46

Figure 3.4
Processus de production de ressources monétaires. 46

Figure 3.5
Comment les agriculteurs prennent-ils leurs décisions ? 47

Figure 3.6
Le système d'information et de mémorisation. 49

Figure 3.7
Articulation entre les déterminants, les règles et l'information des décisions. 49

Figure 4.1
Le réseau régional des stations expérimentales des Chambres d'agriculture de Bretagne et leurs orientations. 54

Figure 4.2
Deux systèmes d'élevage indépendants organisés en 6 niveaux. 60

Figure 4.3
La diversité des modes de logement et d'alimentation. 60

Figure 4.4
Représentation du dispositif expérimental, engraissement système Litière (15/10/2007). 61

Figure 4.5
Le dispositif expérimental dans son environnement. 62

Figure 4.6
Les effectifs par stades physiologiques. 63

Figure 4.7
La protection sanitaire du dispositif expérimental. 68
Figure 4.8
Plan d'expérience de l'essai contact entre des porcs du dispositif avec des animaux Exempt d'Organisme Pathogène Spécifique (EOPS). 73
Figure 4.9
Le (re)prototypage des systèmes. 77
Figure 5.1
Incidence de la période sur la taille de la portée. 83
Figure 5.2
Incidence du mode de logement et d'alimentation sur la quantité d'aliment distribuée quotidiennement en engraissement. 85
Figure 5.3
Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation sur la fréquence des boiteries en gestation. 91
Figure 5.4
Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation sur l'agitation des truies en gestation. 92
Figure 5.5
Incidence du mode d'alimentation sur la posture des porcs charcutiers. 93
Figure 5.6
Incidence du mode d'alimentation sur l'agitation des porcs charcutiers. 93
Figure 5.7
Incidence du mode de logement et d'alimentation sur la production de lisier des truies. 105
Figure 5.8
Incidence du mode de logement et d'alimentation sur la teneur en matière sèche du lisier des truies. 105
Figure 5.9
Incidence du mode de logement et d'alimentation sur la production de lisier des porcs en croissance. 105
Figure 5.10
Incidence du mode de logement et d'alimentation sur la teneur en matière sèche du lisier des porcs en croissance. 105
Figure 5.11
Incidence du système d'élevage sur la consommation hebdomadaire en électricité. 112
Figure 5.12
Incidence du système d'élevage sur la consommation annuelle en énergie. 113
Figure 5.13
Incidence des itinéraires techniques sur le coût d'investissement en bâtiments et en équipements. 115
Figure 5.14
Incidence des itinéraires techniques sur le besoin annuel en main d'œuvre. 118
Figure 5.15
Incidence des itinéraires techniques sur le coût de revient. 121
Figure 6.1
La localisation des couloirs de visite et de service. 123
Figure 6.2
Évaluation multidimensionnelle des différents itinéraires de production de porcelets. 153
Figure 6.3
Évaluation multidimensionnelle des différents itinéraires de production de porcs en croissance. 154

Liste des sigles

AB : Agriculture Biologique.
ACV : Analyse des Cycles de Vie.
ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.
AGPM : Association Générale des Producteurs de Maïs
APCA : Association Permanente des Chambres d'Agriculture.
BEP : Bretagne Eau Pure.
CAD : Contrat d'Agriculture Durable.
CBPA : Code des Bonnes Pratiques Agricoles.
CCP : Certificats de Conformité Produits.
CEE : Communauté Economique Européenne.
CETA : Centres d'Etudes techniques Agricoles.
CIA : Centre d'Insémination Artificiel.
CTE : Contrat Territorial d'Exploitation.
DAC : Distributeur Automatique de Concentrés.
DJA : Dotation Jeunes Agriculteurs.
EDE : Etablissement Départemental de l'Elevage.
EDEI : Exploitations à Dimension Economique Insuffisante.
EN : Energie Nette.
EOPS : Exempts d'Organismes Pathogènes Spécifiques.
ESB : Encéphalite Spongiforme Bovine.
FEOGA : Fonds Européen d'Orientation Garantie.
FNDA : Fonds National de Développement Agricole.
FNE : France Nature et Environnement.
FNPA : Fonds National de Progrès Agricole.
FORMA : Fonds d'Orientation et de Régulation des Marchés Agricoles.
GES : Gaz à Effet de Serre.
GMQ : Gain Moyen Quotidien.
GVA : Groupes de Vulgarisation Agricole.
IC : Indice de Consommation.
IFIP : Institut de la Filière Porcine
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique.
IPG : Identification Pérenne Généralisée.
IPPC : Integrated Pollution Prevention and Control.
JAC : Jeunesse Agricole Chrétienne.
LMA : Loi de Modernisation Agricole.
LME : Loi de Modernisation de l'Economie.
MAE : Mesures Agro-Environnementales.
MAP : Maladie d'Amaigrissement du Porcelet.
MAT : Matières Azotées Totales.
MCM : Montants Compensatoires Monétaires.
MJ : Méga Joules.
MTD : Meilleures Techniques Disponibles.
OIE : Organisation Mondiale de la Santé animale.
OMC : Organisation Mondiale du Commerce.
PAC : Politique Agricole Commune.
PDD : Plans de Développement Durable.
PDRH : Programme de Développement Rural Hexagonal.
PMPOA : Programme de Maîtrise des Pollutions d'Origine Agricole.
PSC : Produits de Substitution des Céréales.
RDR : Règlement de Développement Rural.
SAU : Surface Agricole Utile.
SDAGE : Schéma Directeur d'aménagement et de Gestion des Eaux.
SDRP : Syndrome Dysgénésique et Respiratoire du Porc.
SOQ : Signes Officiels de Qualité.
SPE : Surface Potentiellement Epandable.
SRD : Surface Recevant des Déjections.
SUAD : Service d'Utilité Agricole Départemental.

TMP : Taux de Muscle des Pièces.
TVA : Taxes sur les Valeurs Ajoutées.
UGB : Unités de Gros Bétail.
UTH : Unités de Travail Humain.
VPF : Viande de Porc Française.
ZAC : Zones d'Actions Complémentaires.
ZES : Zones en Excédent Structurel.

L’observation recueille les faits ; la réflexion les combine ; l’expérience vérifie le résultat de la combinaison.

[Denis Diderot,
Pensées sur l’interprétation de la nature]

La vie est l’adaptation continue de relations internes à des relations externes.

[Herbert Spencer,
Qu’est-ce que la morale ?]

Introduction

Au début des années 1950, dans un contexte de pénurie nationale pour la plupart des produits alimentaires, les politiques assignent l'objectif général d'accroître les productions. L'Etat et les organisations professionnelles agricoles définissent alors un modèle de développement reposant sur un tissu d'exploitations familiales occupant tout le territoire et s'intégrant dans une logique de marché. Ils guideront la construction de la politique agricole commune européenne de 1962.

La production porcine en France n'échappe pas au mouvement général d'accroissement des volumes, mais avec un temps de retard par rapport aux autres secteurs d'activités. Il faut en effet attendre le début des années 1970 et la mise en place par les pouvoirs publics du *Plan de rationalisation de la production porcine* pour assister à son développement spectaculaire. Le déficit français en viande de porc diminue, l'autosuffisance est atteinte en 1994.

Dans la partie 1 de cette thèse, nous constaterons que les élevages et les entreprises en amont et en aval de cette filière se concentrent principalement en Bretagne, donnant à cette région de réels avantages économiques. L'augmentation de la production s'accompagne d'un agrandissement de la taille des élevages et de leur spécialisation. Les exploitations de polyculture-élevage font progressivement place à des ateliers spécialisés. Cette évolution fait apparaître au niveau européen de grands bassins de production, s'expliquant en partie par les économies d'échelle permises par l'augmentation de la taille des élevages et leur concentration géographique. Il s'en suit une amélioration de l'efficacité de l'ensemble de la filière. Cependant, cette évolution s'est rapidement heurtée en France à l'apparition de problèmes environnementaux, et plus généralement à la remise en cause par la Société du modèle d'élevage sur caillebotis (Chapitre 1.4).

Le nouveau cadre des échanges commerciaux internationaux, l'élargissement de l'Union Européenne et les pollutions d'origine agricole conduisent les pouvoirs publics à réformer dès 1992 les politiques agricoles pour réorienter le modèle de développement. Les réformes de la PAC et les lois d'orientation encouragent les éleveurs de porcs à adopter de nouvelles techniques leur permettant de s'adapter aux attentes de la Société. Malgré l'amélioration de la productivité, la réorganisation continue de la filière et une évolution significative des pratiques d'élevage évoquées dans la partie 2 de cette thèse, ce secteur demeure en crise. De plus, les problèmes environnementaux persistent et des dispositions actées ou émergentes pourraient le fragiliser un peu plus.

Confrontés à des problèmes de plus en plus complexes, la demande des éleveurs en matière de recherche a évolué aux cours de ces deux dernières décennies. *De produire plus pour nourrir le pays et pour assurer la rentabilité de l'activité*, on est passé à des questionnements du type *produire pour un développement durable des territoires* [Dedieu *et al.*, 2008] et *produire plus et mieux avec moins* [Griffon, 2010]. Ces mutations suscitent de nouvelles approches méthodologiques qui seront développées dans la partie 3. En effet, les indicateurs du type production par animal ne permettent plus de répondre efficacement à ces nouveaux questionnements.

C'est dans un contexte indécis et en pleine mutation que la reconstruction de la station régionale porcine de *Crécom* est posée dès 1986, mais c'est en 1994 qu'elle l'est de façon officielle. Créé en 1975 dans le cadre du plan de rationalisation, l'outil est devenu vétuste et il ne répond plus totalement aux attentes des éleveurs ni de la Société. Dix années seront nécessaires à la naissance d'un dispositif original permettant d'appréhender le fonctionnement des élevages : une *expérimentation système*. Le prototypage du dispositif est un vaste compromis se positionnant dans le temps et dans l'espace. Dans la partie 4 de cette thèse, nous verrons que l'environnement physique, socio-économique et culturel a un impact important dans les processus décisionnels relatifs au renouvellement de cet outil.

La configuration des systèmes d'élevage est réalisée dans le cadre d'une démarche participative et s'appuie sur des approches méthodologiques exposées à la partie 3. La définition et la hiérarchisation des buts poursuivis par les systèmes constituent l'étape préalable à leur conception. Dans le cas présent, ils poursuivent les trois objectifs du développement durable évoqués à la partie 2. Les systèmes doivent être viables, vivables et reproductibles. De plus, ils sont assujettis à des règles de qualité sanitaire des produits, de préservation de l'environnement et de respect du bien-être des animaux. Dans le cadre de ce travail de thèse, deux systèmes d'élevage sont conçus. Le premier est réalisé sur litière accumulée. Le second est plus conventionnel. Sur caillebotis, il est équipé d'un dispositif d'évacuation des effluents sous le plancher des salles (Chapitre 4.2). Puis, intra-système, des itinéraires techniques combinant différents modes de logement et d'alimentation sont définis pour approcher d'éventuelles interactions.

Les systèmes sont conduits suivant des *règles de décisions* multicritères formalisant leur pilotage (Chapitre 4.3). La durabilité est évaluée à partir d'enregistrements collectés entre le 26 janvier 2006 - début du peuplement des deux unités - et le 31 mai 2008. Ils sont classés en deux catégories : les observations collectées au fil du temps et celles produites par des expérimentations factorielles. Ces dernières répondent aux interrogations posées à l'occasion de la configuration du dispositif et révélées par les itinéraires techniques au cours de l'étude.

Les résultats de cette *expérimentation système* sont présentés à la partie 5 qui est organisée en 9 chapitres. Ces derniers portent sur les conditions thermiques des salles, les performances zootechniques, le comportement des animaux, leur état de santé, les flux de matières et d'éléments, les coûts d'investissement et de fonctionnement etc.. Certaines observations sont globalisées. L'approche intégrative permet d'estimer les flux de biens, de services et financiers d'itinéraires techniques pris dans son intégralité. L'ensemble des enregistrements permet également de calculer un coût de production par filière.

Les résultats de cette expérimentation seront discutés à la partie 6. Les atouts et les contraintes de chaque itinéraire technique seront identifiés. Le prototypage des systèmes prévoit des boucles de progrès. Un ajustement des *règles stratégiques* relatives à la conception du dispositif et des *règles de décisions* concernant son fonctionnement est proposé, au regard des résultats des évaluations. Il doit aboutir à la reconfiguration de cet outil expérimental porté vers la compréhension des systèmes complexes qui évoluent dans le temps.

Nulle chose n'est compréhensible que par son histoire.

[Pierre Teilhard de Chardin,
L'avenir de l'homme]

Le changement du monde n'est pas seulement création, progrès, il est d'abord et toujours décomposition, crise.

[Alain Touraine,
La Société invisible]

1 Un modèle unique de développement : La *trajectoire d'évolution* de la production porcine en Bretagne

Au début des années 1960, l'Etat et les organisations professionnelles agricoles définissent un modèle de développement reposant sur un tissu d'exploitations familiales occupant tout le territoire et s'intégrant dans une logique de marché. Ce modèle guidera la construction de la politique agricole commune européenne de 1962 et aura un impact déterminant sur le développement de la production porcine en Bretagne. Dans cette première partie, nous étudierons la *trajectoire d'évolution* de ce secteur d'activité. Sa structure, son fonctionnement et son organisation sont en effet plus simples à comprendre lorsqu'on étudie les origines dans le temps. Elle permettra de cerner la dynamique des changements amorcés au début des années 1990, évoquée dans la seconde partie de ce travail de thèse.

1.1 A partir de 1950, l'entrée de l'agriculture dans le monde industriel

Dans un contexte de pénurie nationale pour la plupart des produits alimentaires, les politiques assignent l'objectif général d'accroître les productions au début des années 1950. La production porcine en France n'échappe pas à ce mouvement, mais avec un temps de retard par rapport aux autres secteurs d'activités. Il faut en effet attendre le début des années 1970 pour assister au développement spectaculaire de cette production, tout particulièrement en Bretagne. Nous ferons dans ce chapitre un bref état des lieux de l'évolution du monde agricole entre 1945 et 1960.

1.1.1 La modernisation de l'agriculture

A la sortie de la seconde guerre mondiale, l'agriculture en France emploie 7,5 millions de personnes, plus du tiers de la population active [Pressat, 1957]. Les exploitations sont de petite taille, utilisent des techniques de production traditionnelles et faiblement productives [Dumont, 1956 ; Mendras, 1995]. Cette situation est dépendante des politiques agricoles appliquées au cours du demi-siècle passé [De Gasquet, 2002]. A la fin du XIXe siècle, les gouvernements de la République ont fait le choix de protéger l'agriculture de la concurrence extérieure par la mise en place de droits de douane à l'importation. Ce protectionnisme assure des prix élevés aux agriculteurs français et ne les incite pas à se moderniser [Loyat, 2005].

La pénurie alimentaire héritée des années d'occupation amène les pouvoirs publics à placer l'agriculture au centre des préoccupations [Loyat, 2005]. L'augmentation de la production et du revenu deviennent des enjeux nationaux. L'accroissement de l'offre de produits doit concourir au rétablissement de la balance des paiements. Les pouvoirs publics incitent les agriculteurs à moderniser leur exploitation et à produire.

Des investissements énormes vont garantir rapidement à la France un approvisionnement alimentaire minimum [Alphandery *et al.*, 1989]. Les tracteurs remplacent la traction animale. La fertilisation, la sélection végétale et animale, le drainage et le remembrement se développent. Les aménagements routiers

diminuent l'isolement. Les exploitations accèdent à l'eau potable et à l'électricité grâce à un réseau collectif. Les industries agroalimentaires se modernisent.

La croissance industrielle permet l'insertion de l'agriculture dans une économie de marché. La baisse des coûts des produits agricoles et alimentaires maintiennent les salaires à un niveau favorisant l'accumulation du capital et la croissance mondiale. Véritable réservoir de force de travail, la main d'œuvre agricole répond à l'appel de l'industrie [Loyat, 2005]. En investissant dans les facteurs du progrès technique, l'agriculteur devient un client privilégié pour l'industrie.

Devant les possibilités offertes par ces progrès techniques, les jeunes Bretons souhaitent rester à la terre. Les structures d'exploitation restent étroites et malgré les améliorations foncières, les fermes n'assurent pas aux agriculteurs un revenu suffisant. Ils ajoutent alors à leur ferme horizontale de superficie insuffisante, une exploitation verticale ou hors-sol destinée à leur apporter un complément de salaire [Guyomard, 1993]. En Bretagne, la modernisation des couvoirs et la conversion des minotiers locaux en fabricants d'aliments du bétail participent activement au développement de ce nouveau modèle d'exploitation [Canevet, 1992 ; Diry, 1985]. La crise avicole de 1965 conduit les fabricants d'aliments à encourager la production porcine dans leur recherche de débouchés nouveaux [Canevet, 1992 ; Diry, 1985], incitant la mise en place des systèmes intensifs [Mahé, 1975]. Les principaux foyers de production dans les Côtes d'Armor et le nord Finistère s'établissent durant cette période [Diry, 1985].

Ce nouveau cadre prépare la fin de l'agriculture paysanne : la logique interne des exploitations de polyculture-élevage disparaît progressivement, effaçant les articulations entretenues jusqu'alors entre les diverses activités de l'exploitation [Guyomard, 2010].

1.1.2 La vulgarisation des techniques

Elle est en grande partie assurée par les professeurs départementaux d'agriculture et les fabricants d'engrais. Ils encouragent et accompagnent le mouvement de modernisation. Le Ministère de l'agriculture étend et renforce son réseau de vulgarisation avec pour ambition de couvrir tout le territoire national. Pour ce faire, le Fonds National de Progrès Agricole (FNPA) naît en 1947. Il est alimenté par des taxes prélevées sur les livraisons de certains produits et par l'Etat. Son utilisation repose sur un consensus entre les pouvoirs publics et les responsables professionnels.

La dissémination du savoir technique va être ainsi portée par la Jeunesse Agricole Chrétienne (JAC), les Centres d'Etudes Techniques Agricoles (CETA) et les Groupes de Vulgarisation Agricole (GVA). Les CETA et les GVA incitent les agriculteurs à se regrouper localement pour travailler ensemble. Par la mise en commun de leurs réussites ou de leurs échecs, ils forment un système efficace de vulgarisation des techniques orientées vers l'activité de production [Canevet, 1992]. Ces actions de diffusion des connaissances participent activement à la modernisation de l'agriculture bretonne.

En 1959, le décret 59-531 donne un cadre réglementaire à ces différentes initiatives. Il définit le statut de la *vulgarisation* et prévoit son financement.

Malgré ces mouvements de modernisation, la production porcine bretonne accuse un retard structurel et technique. Le paysage se compose de nombreux petits élevages spécialisés pour moitié dans le naissage et pour moitié dans l'engraissement [Mahé, 1975]. La presque totalité des déjections porcines est sous forme de fumier [Colson *et al.*, 1985a].

1.2 A partir de 1960, une véritable révolution en Bretagne

L'agriculture entre dans une phase d'organisation économique à partir de 1960. Cette étape mobilise les pouvoirs publics, les industries agroalimentaires et les organisations professionnelles. Les enjeux économiques supplantent les préoccupations techniques de la période précédente. Plusieurs dispositions politiques vont largement contribuer au développement de la production porcine en Bretagne : les lois d'orientation de 1960 et 1962, l'inclusion de l'agriculture dans un marché commun européen et surtout le *plan de rationalisation de la production* dédié spécifiquement à ce secteur. Initié par les pouvoirs publics en 1970, il favorise l'implantation d'élevage pour limiter la dépendance de la France en viande de porc. Nous évoquerons dans ce chapitre les grandes orientations des politiques agricoles des années 1960.

1.2.1 La loi d'orientation de 1960 et la loi complémentaire de 1962

Avec ses 3,8 millions d'agriculteurs (20% de la population active) ayant une forte aversion aux risques, il est nécessaire de garantir des débouchés aux produits agricoles pour que les surplus servent à l'amélioration de la productivité [Boinon *et al.*, 2010]. Le besoin d'une politique globale et cohérente, capable de soutenir l'agriculture française face aux perspectives d'une politique commune en Europe, se fait sentir. Elle s'instaure par la loi d'orientation agricole de 1960 (60-808) suivie de la loi complémentaire de 1962 (62-933). Ces deux lois vont guider l'action publique en France :

- En organisant l'évolution des structures agraires pour augmenter la taille moyenne des exploitations.
- En favorisant la diminution de la population agricole par l'accompagnement social des agriculteurs âgés cessant leur activité (création de l'indemnité viagère de départ), par la diminution progressive du nombre de descendants d'agriculteurs choisissant de s'installer et de leurs salariés.
- En soutenant l'organisation des producteurs pour la promotion et la mise en marché de leurs produits.

Le *développement* agricole est institué par le décret 66-744 de 1966. Il prend le relais de la *vulgarisation*. Sa mise en oeuvre est confiée aux organisations professionnelles. Il s'inscrit dans le prolongement des lois d'orientation de 1960 et complémentaire de 1962. De la même façon que l'agriculteur garde la maîtrise finale de ses décisions, les organisations agricoles souhaitent conserver la maîtrise du progrès. Un Fonds National de Développement Agricole (FNDA) alimenté par des taxes para-fiscales prélevées sur les produits est alloué à chaque département en

fonction de programmes élaborés localement. Une alliance se met en place entre la profession désireuse d'améliorer son niveau de vie et l'Etat soucieux de développer la production. Le poids des organisations professionnelles augmente. Elles instituent avec les pouvoirs publics un mode de gestion de la politique agricole appelé plus tard la *cogestion* [Boinon *et al.*, 2010].

Les Chambres d'agriculture, organes consultatifs et professionnels représentatifs des intérêts agricoles créées en 1924, sont au cœur de ce dispositif. Elles coordonnent l'ensemble des actions de développement mises en oeuvre sur les départements par leurs services ou ceux d'autres organismes (articles L.511-4 et L.511-5 du code rural). Cette coordination est assurée par le Service d'Utilité Agricole et de Développement (SUAD), la coordination concrète des actions élevage étant généralement suivie par l'Etablissement Départemental de l'Elevage (EDE).

Les ressources des EDE sont consacrées à des actions pilotées par deux catégories d'agents [Garrigues, 1974]. D'une part, des conseillers affectés à des petites régions ont en charge le conseil global, la formation, l'animation de campagnes d'actions concertées, l'appui à la création et au fonctionnement de groupes d'agriculteurs. D'autre part, des conseillers et des ingénieurs spécialisés, intervenant le plus souvent au niveau départemental, ont pour mission de conduire des actions de recherche de références globales ou thématiques, de réaliser des études, de rédiger des documents techniques ou économiques, d'apporter un appui aux conseillers de secteurs.

Conjointement, les instituts et centres techniques sont créés au début des années 1960. Le contexte de modernisation génère des demandes de plus en plus précises et spécialisées. Leurs activités sont centrées sur les systèmes de production et les produits, plus tard sur les filières [Schaeffer, 2010]. Ils assurent une fonction de recherche appliquée, en relation avec les centres de recherche fondamentale dont l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) créé en 1946 [Landais et Bonnemaire, 1996].

1.2.2 La Politique Agricole Commune de 1962

En 1957, le traité de Rome instituant la Communauté Economique Européenne (CEE) marque l'ouverture d'un processus ambitieux : la création d'un marché intérieur composé de 17,5 millions d'agriculteurs et 150 millions d'habitants [Loyat, 2005]. Ses fondateurs envisagent de dynamiser l'économie de ce marché commun. Ils entreprennent la suppression des barrières internes à la libre circulation des biens, des services, des capitaux et des personnes [Anonyme, 1996].

Une Politique Agricole Commune (PAC) est instaurée en 1962. Ses objectifs sont énoncés à l'article 39 du traité de Rome : accroître la productivité de l'agriculture, donner un niveau de vie équitable à la population agricole, stabiliser les marchés, garantir la sécurité des approvisionnements et assurer des prix raisonnables aux consommateurs. Il s'agit de moderniser un secteur d'activité disparate d'un pays à l'autre [Loyat, 2005]. Le marché commun agricole devient effectif avec l'ouverture des frontières et le démantèlement progressif des barrières douanières entre les Etats membres [Anonyme, 1990]. Des mécanismes de régulation assurent la préférence communautaire et permettent aux produits agricoles des Etats

membres d'être présents sur les marchés des pays tiers. Les premières organisations communes de marché se mettent en place avec l'application progressive de mécanismes de soutien. Elles offrent aux producteurs de la CEE une valeur d'achat quelle que soit leur production.

La PAC va soutenir activement la croissance de la production [Allaire et Boyer, 1995]. Les prix stables limitent la concurrence entre les producteurs. Elevés, ils favorisent l'investissement et les gains. Il s'en suit une croissance de la production, pour partie indépendante de la demande finale, avec pour conséquence dans un second temps l'accumulation des stocks, des exportations subventionnées et des dépenses budgétaires au bénéfice des exploitations les plus performantes.

Ces prix assurent à une majorité d'exploitants familiaux un revenu comparable à celui qu'ils auraient obtenu dans d'autres secteurs d'activités économiques. Ils sont toutefois insuffisants pour pérenniser les exploitations les moins rentables. Cette politique conduit inexorablement à la diminution de la population agricole.

Concernant le marché du porc, une organisation commune très légère est mise en place dès 1962 [Rieu et Salaün, 2006]. La production porcine y est traitée comme un dérivé de celle des céréales. Elle ne dispose pas d'outil de soutien et de garantie des prix. Ce marché se soumet à la loi de l'offre et de la demande à l'exception de mécanismes de protection vis-à-vis des pays tiers [Trégaro et Lossouarn, 2002]. Ils sont au nombre de trois :

- Jusqu'en 1995, le marché européen du porc est protégé par un système de prélèvement variable. Des taxes à l'importation sont prélevées par la communauté sur les importations provenant des pays tiers.
- Pour rendre possible les exportations européennes vers les pays tiers, des restitutions sont instaurées au bénéfice des exportateurs européens pour combler l'écart entre les prix intra-communautaires et mondiaux.
- Les opérations de stockage permettent de limiter l'effondrement des prix du porc à la production en période de crise.

L'organisation commune du marché a un coût modique pour les finances européennes : moins de 1% du Fonds Européen d'Orientation Garantie (FEOGA) pour un secteur représentant 10% de la production agricole en Europe [Guibé *et al.*, 2004].

Elle s'accommode de fortes variations cycliques des prix [Trégaro et Lossouarn, 2002]. L'augmentation de la production entraîne une baisse des cours. Le retrait des agriculteurs les moins performants provoque alors une diminution de la production. La remontée des cours permet la reprise des investissements. Il s'en suit à nouveau une hausse de la production, etc.

1.2.3 Le plan de rationalisation de la production porcine

A la fin des années 60, une part croissante de la consommation française est satisfaite par des importations [Linguenheld, 1971]. Les éleveurs produisent pour eux-mêmes ou pour des débouchés de proximité [Teffène *et al.*, 1998].

Le secteur se cherche, la France a du retard. Il n'a pas encore fait le choix d'un modèle de développement et demeure autarcique. Des articles parus dans la revue de l'EDE des Côtes d'Armor *Elevage rentabilité* illustrent ce constat :

- Les liens entre la production porcine et céréalière conduisent les agents de développement à s'interroger sur l'externalisation de l'engraissement dans les zones de grandes cultures [Menguy, 1968].
- A l'occasion de plusieurs voyages d'étude dans le nord de l'Europe, des éleveurs et des techniciens constatent que les truies gestantes sont contenues dans des stalles à l'aide d'un collier ou d'une sangle thoracique [Menguy, 1969]. Ce mode d'élevage suscite des questionnements, notamment son impact négatif sur les performances de reproduction [Menguy, 1969]. Des travaux de recherche seront conduits par la suite par les agents des EDE de Bretagne [Le Mercier, 1970].

Devant l'absence de plans d'actions des entreprises de l'aval de la filière, les pouvoirs publics ont cru indispensable de promouvoir l'organisation et la rationalisation de l'élevage français [Linguenheld, 1971]. Le premier objectif n'est pas d'augmenter la production. Il s'agit de la rendre compétitive sur le marché européen en abaissant les coûts de production de 15% [Linguenheld, 1971]. L'article 2 du règlement communautaire encourage d'ailleurs l'organisation de la production et l'amélioration de la qualité pour une meilleure adaptation de l'offre à la demande.

Le plan de rationalisation de la production porcine est lancé en France en 1970 par les pouvoirs publics. Il vise à restructurer cette production largement déficitaire au regard de la consommation. Le taux d'auto approvisionnement en France est de l'ordre de 80% en 1969 [Teffène *et al.*, 1998]. Depuis 1963, les besoins ne sont plus satisfaits par la production indigène, illustration claire du déficit de compétitivité de l'élevage français dans le contexte du marché commun européen, et le déficit augmente chaque année : 40 000 tonnes en 1965, 206 000 tonnes en 1970 [Linguenheld, 1971]. Il correspond à une sortie de devises de plus d'un milliard de francs en 1969 et en 1970 [Linguenheld, 1971]. Le plan porte sur le soutien à la modernisation des élevages, à l'organisation des activités d'amélioration génétique du cheptel et à l'effort de formation. Cent cinquante millions de francs de crédits seront distribués aux éleveurs entre 1970 et 1975 [Linguenheld, 1971].

Les aides financières sont accordées sous conditions d'appartenance à un groupement de producteurs créé dans le cadre de la loi complémentaire de 1962 : 215 groupements sont reconnus en 1974 [FNCBV, 1974]. La présence de ces organisations économiques a toujours été plus marquée en Bretagne qu'ailleurs. En 1971, ils détiennent 42% du cheptel contre 26% en France [Mahe 1975] et prennent en charge une part grandissante de la fonction d'encadrement technique [Zert, 1975 ; Canevet, 1992] aux dépens du dispositif CETA et GVA animé par des agents rattachés aux Chambres d'agriculture. Ils ont un rôle très actif dans l'organisation de la mise en marché des porcs, avec notamment la création en 1972 d'un marché au cadran unique et en 1974 d'Uniporc. Certains investissent dans l'abattage entre 1975 et 1980 et assurent la valorisation commerciale des carcasses. Le poids

croissant des filières et des logiques agroalimentaires va leur donner un rôle prépondérant.

1.3 La production porcine en Bretagne : L'émergence et le développement du modèle agricole breton

Le plan de rationalisation mis en oeuvre à partir de 1970 permet de moderniser et de développer la production. Le déficit français en viande de porc diminue et l'autosuffisance est atteinte en 1994. La production et les entreprises situées en amont et en aval de la filière se concentrent en Bretagne, donnant à cette région de réels avantages économiques. Nous retracerons dans ce chapitre les grandes étapes du développement de cette production en Bretagne.

1.3.1 1970 - 1980 : Naissance d'un modèle original de développement

La Bretagne est éloignée des centres de consommation de la CEE. Elle dispose d'un potentiel céréalier plutôt réduit. Pourtant, le cheptel porcin en Bretagne triple entre 1960 et 1973. A titre de comparaison, elle est plus rapide qu'aux Pays-Bas (270%), et presque aussi forte qu'en Belgique. L'évolution diffère selon les départements : elle est très forte dans le Finistère (390%), les Côtes d'Armor (426%), moindre en Ille-et-Vilaine (227%) et dans le Morbihan (239%) [SCEES, 1973, 1974]. Plusieurs éléments expliquent le développement spectaculaire de cette production en Bretagne [Mahé, 1975] :

- L'organisation collective a toujours été plus développée en Bretagne que dans le reste de la France. Elle est prête pour la politique dite de rationalisation dont les groupements sont la pièce maîtresse.
- Les crédits de rationalisation jouent un rôle incitatif réel. Entre 1970 et 1973, la Bretagne perçoit 50% des crédits du plan. Leur répartition géographique est liée à des variables structurelles, les groupements de producteurs ayant une influence directe sur la croissance du cheptel porcin en Bretagne.
- La compétitivité en matière de production porcine est aussi la traduction de la faible productivité des systèmes agricoles en Bretagne. Elle signifie que le facteur travail doit accepter une rémunération moindre. L'intensification est le seul moyen de sortir de cette situation et l'endettement en est le prix à payer.
- Enfin, les traditions d'élevage de porcs et surtout celles des porcelets favorisent incontestablement l'essor de cette production en Bretagne.

En Bretagne, la proportion d'exploitations agricoles produisant des porcs et adhérant à un groupement passe de 40% en 1973 à 87% en 1982 [Davoult et Parain, 1981 ; Vanderhaegen et Rieu, 1982].

Les investissements sont importants. Plus de 6 700 permis de construire pour des élevages sont délivrés dans les Côtes d'Armor [Chambre d'Agriculture des Côtes d'Armor, 1986]. Dans un contexte favorable de financement, 1 648 000 places de porcs et 444 200 places de truies sont financées par le Fonds d'Orientation et de Régulation des Marchés Agricoles (FORMA) [Davoult et Parain, 1981]. Les éleveurs s'équipent pour permettre la mécanisation des activités, et les jeunes bénéficient

de prêts à taux préférentiels (Dotation Jeunes Agriculteurs, DJA) mis en place à travers la loi d'orientation agricole de 1962.

Les conditions de production changent. Le mode d'élevage se précise. Les groupements font la promotion d'un modèle standard, rendant plus aisée l'instauration de relations fortement coordonnées entre les acteurs des différents maillons de la filière [Colson, 1984]. Les trois quarts des truies et 90% des porcs à l'engraissement sont logés sur caillebotis intégral ou partiel pour favoriser la productivité du travail. La gestion des effluents est facilitée. Ils s'écoulent par gravité, à l'inverse des systèmes traditionnels sur paille. Le caillebotis évite aux animaux d'être en contact direct avec leurs déjections, limitant ainsi les pathologies digestives en élevage [Dourmad, 2000]. Ce mode d'élevage modifie la nature et l'utilisation des engrais de ferme.

Les élevages spécialisés en production porcine se développent en Bretagne. Le cheptel augmente de 65% au cours de cette période, passant de 28% à 43% du cheptel national sur la période étudiée [Cavailhès *et al.*, 1987]. Le nombre d'exploitations porcines diminue de plus de 50%, de 92 284 à 43 651 exploitations [RGA, 1970 et 1979]. Les élevages à la fois naisseur et engraisseur représentent 17% des élevages porcins mais détiennent 60% des truies et 57% des places d'engraissement. Leur taille moyenne est de 64 truies et 227 places d'engraissement [Colson *et al.*, 1985b]. Les exploitations élevant des porcs sont spécialisées, avec une prédominance de cette activité sur l'élevage bovin dans le cas des structures mixtes [Davoult et Parain, 1981].

La productivité des animaux augmente. Une truie productive sèvre annuellement 17,7 porcelets en 1974 contre 20,4 porcelets en 1981 [Chambre d'Agriculture des Côtes d'Armor, 1986]. En 1960, les estimations font état de 12 à 13 porcelets sevrés par truie et par an [Diry, 1985]. Sur la période 1974-1984, l'indice de consommation des porcs en engraissement s'améliore de 10% et la croissance journalière de 11% [Teffène, 1987].

1.3.2 1980 - 1990 : Restructuration en amont et en aval de l'élevage

La production porcine en France est traversée par deux crises importantes au cours de cette période :

- La crise de 1983-1984 est liée à la réactualisation des Montants Compensatoires Monétaires (MCM) favorisant les importations de viande et la dévaluation du franc. Destinés à amortir les effets des variations des monnaies sur les prix agricoles et les échanges, les MCM s'installent durablement [Vigne et Vanderhaegen, 1979]. Ils sont supprimés en 1993. Ils ont pesé sur la compétitivité de la France disposant d'une monnaie faible jusqu'au milieu des années 80 [Teffène *et al.*, 1998].
- Celle de 1987-1988 due à la surproduction européenne et la concurrence belge, néerlandaise et danoise exerce une pression sur un marché français toujours déficitaire [Teffène *et al.*, 1998]. Elle est plus profonde que la précédente. Le nombre de producteurs bretons diminue fortement mais épargne ceux qui ont amorti leurs outils [Montel, 2001].

Ces deux crises conduisent à une restructuration profonde de la filière en Bretagne [Montel, 2001]. Le nombre de groupements de producteurs est réduit de moitié. Certains se rattachent à des outils industriels d'abattage qu'ils modernisent, liant un peu plus les éleveurs aux filières dans lesquelles ils s'inscrivent. Les abatteurs investissent et modernisent les outils de découpe pour répondre aux exigences des salaisonniers et des distributeurs. La modernisation des usines d'aliments, l'utilisation de Produits de Substitution des Céréales (PSC) et de protéagineux permettent de diminuer les coûts de matières premières et de fabrication, donc d'abaisser les prix de l'aliment. Le système d'information technique repose essentiellement sur des techniciens rattachés à des groupements de producteurs et/ou des fabricants d'aliments du bétail. Ils sont très présents auprès des éleveurs [Teffène, 1987 ; Bourgeat *et al.*, 1992].

Néanmoins, ces crises n'empêchent pas la production de croître mais à un rythme moins soutenu. Le phénomène de concentration et d'agrandissement des élevages se poursuit en Bretagne, entraînant une hausse importante de la densité : 2,6 porcs par hectare Surface Agricole Utile (SAU) en 1980, 3,3 porcs par hectare en 1988. Dans les Côtes d'Armor, le nombre de porcs produits annuellement par hectare de SAU passe de 4,8 à 6,8 entre 1979 et 1988. La Bretagne s'installe comme le principal fournisseur des autres régions françaises [Teffène, 1987].

Le temps de travail annuel exprimé en heures par truie diminue de plus de 25% dans les élevages à la fois naisseurs et engraisseurs [Salaün, 1992]. Il en est de même pour la productivité des animaux, 1,8 porcelets supplémentaires sont sevrés annuellement par truie productive entre 1981 et 1991 [Teffène *et al.*, 1998].

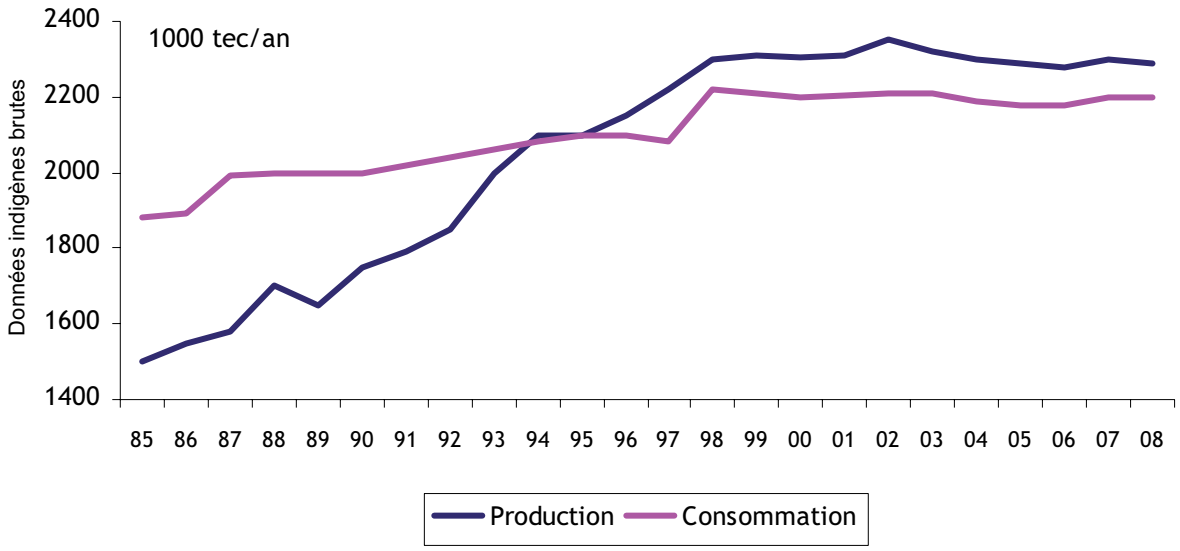
1.3.3 1990 - 2000 : Poursuite de la croissance de la production

La concentration de la production et l'agrandissement des élevages se poursuivent. Ils sont favorisés par des périodes de prix de vente favorables (1992-1993, 1995-1997) et des prix d'aliments bas (-23,0% en francs constants entre 1990 et 1996, base 1997) [Bourgeat, 1997]. Plusieurs événements politiques et sanitaires contribuent également à son développement [Teffène *et al.*, 1998] : l'unification allemande en 1990 entraîne une augmentation de la demande sur les autres bassins de la communauté ; l'apparition du Syndrome Dysgénésique et Respiratoire du Porc (SDRP) en Allemagne et aux Pays-Bas respectivement en 1990 et 1991, en France à la fin de l'année 1991 ; une épizootie de peste porcine en Allemagne en 1993 et aux Pays-Bas en 1997désorganisent la production.

Néanmoins, la pression sur les coûts est de plus en plus forte. Le prix de vente des carcasses tend à décroître en francs constants base 1997 : en janvier 1996, il est inférieur de 54% à celui de janvier 1990, et inférieur de 80% à celui de janvier 1980 [Bourgeat, 1997]. Cette situation rend d'autant plus nécessaire les gains de productivité du travail et des animaux dans les élevages [Montel, 2001].

Le nombre d'Unités de Travail Humain (UTH) par exploitation porcine reste constant mais le nombre de porcs par exploitation a fortement augmenté en 20 ans [Salaün et Fraysse, 1999]. Avec l'augmentation de la taille des ateliers, la main-d'œuvre se spécialise. Le salariat s'impose dans les ateliers de grande taille [Salaün et Fraysse, 1999]. Entre 1991 et 2000, 3,2 porcelets supplémentaires sont

Figure 1.1 - Evolution de la production et de la consommation en France.



IFIP [2010]

sevrés par truie productive et par an, une truie productive sevrant annuellement 25,9 porcelets [Chambre d'agriculture de Bretagne, 2001a]. Ces gains sont le résultat des programmes d'amélioration génétique des animaux et du développement de nouveaux itinéraires techniques comme le sevrage à 21 jours.

La France atteint l'autosuffisance en viande porcine en 1994 (Figure 1.1), 25 années après la mise en oeuvre du plan de rationalisation [Teffène *et al.*, 1998]. Cette situation la conduit sur la scène du commerce international et la confronte à de nouvelles exigences de compétitivité [Montel, 2001].

1.3.4 2000 – 2010 : Stagnation de la production

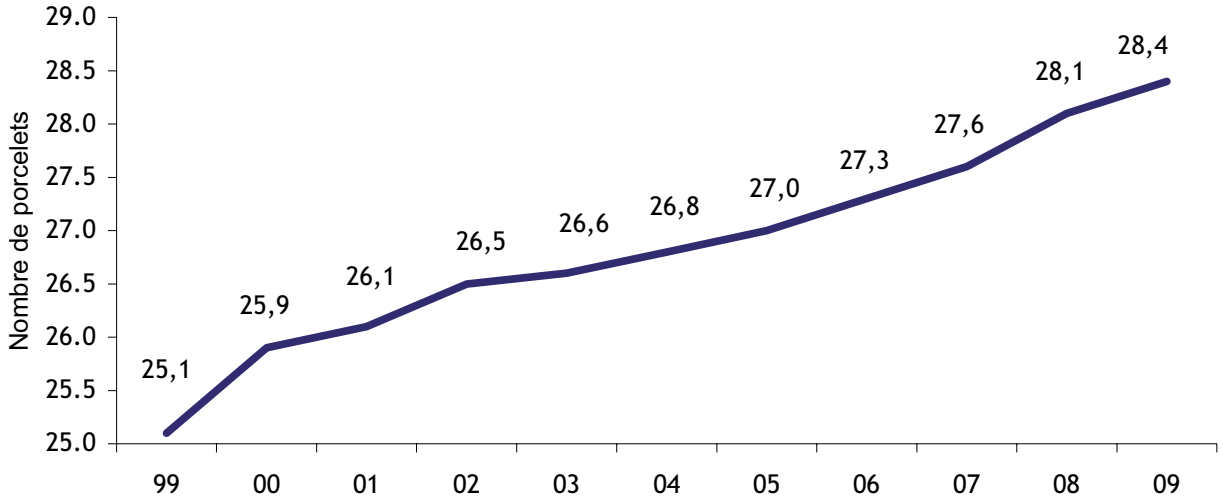
En 2008, elle est excédentaire en France et en Europe de 6% [IFIP, 2009]. En 2009, 14 millions de porcs charcutiers sont abattus en Bretagne, les groupements de producteurs assurant 97% de leur commercialisation [CRP, 2010]. Ils sont au nombre de 11 en 2010 et sont deux fois moins nombreux qu'au début des années 1990 [CRP, 2010]. Ils sont rattachés pour certains à des structures qui ont largement investi dans l'amont et l'aval de la filière.

La Bretagne et le grand ouest représentent respectivement 57 et 72% de la production nationale [IFIP, 2009]. La production porcine assure un revenu à 31120 bretons en 2006 [Chambre régionale d'agriculture de Bretagne, 2010]. Les porcs en Bretagne sont issus de 7348 sites d'élevage [CRP, 2008] : la structure à la fois naisseurs et engraisseurs regroupe 95% des truies (3203 sites d'élevage) soit 179 truies en moyenne par élevage. La main d'œuvre est en grande majorité familiale (2 UTH dont 0,7 UTH salarié par élevage). Une partie des animaux nés dans les élevages à la fois naisseur et engraisseur est élevée sur des sites spécialisés dans l'engraissement (3729 sites d'élevage).

La concentration de la production est moins marquée en France que dans d'autres pays en Europe ou dans le reste du monde. Au Danemark, aux Pays-Bas, au Royaume-Uni et en Espagne, les exploitations de moins de 200 truies tendent à disparaître [IFIP, 2010]. En 2007, ces élevages détiennent 8% du cheptel de truies au Danemark, 25% du cheptel en Espagne, contre 50% en France. Autre constat, 49% du cheptel de truies en Espagne, 57% au Danemark, 44% aux Pays-Bas et 50% au Royaume-Uni sont détenus par des éleveurs de plus de 500 truies contre 18% en France. L'obligation de conduire les truies gestantes en liberté à compter du 1er janvier 2013 pourrait accélérer le phénomène de concentration et conduire à des structures d'élevage de plus en plus importantes. Celles de petites tailles pourraient alors disparaître.

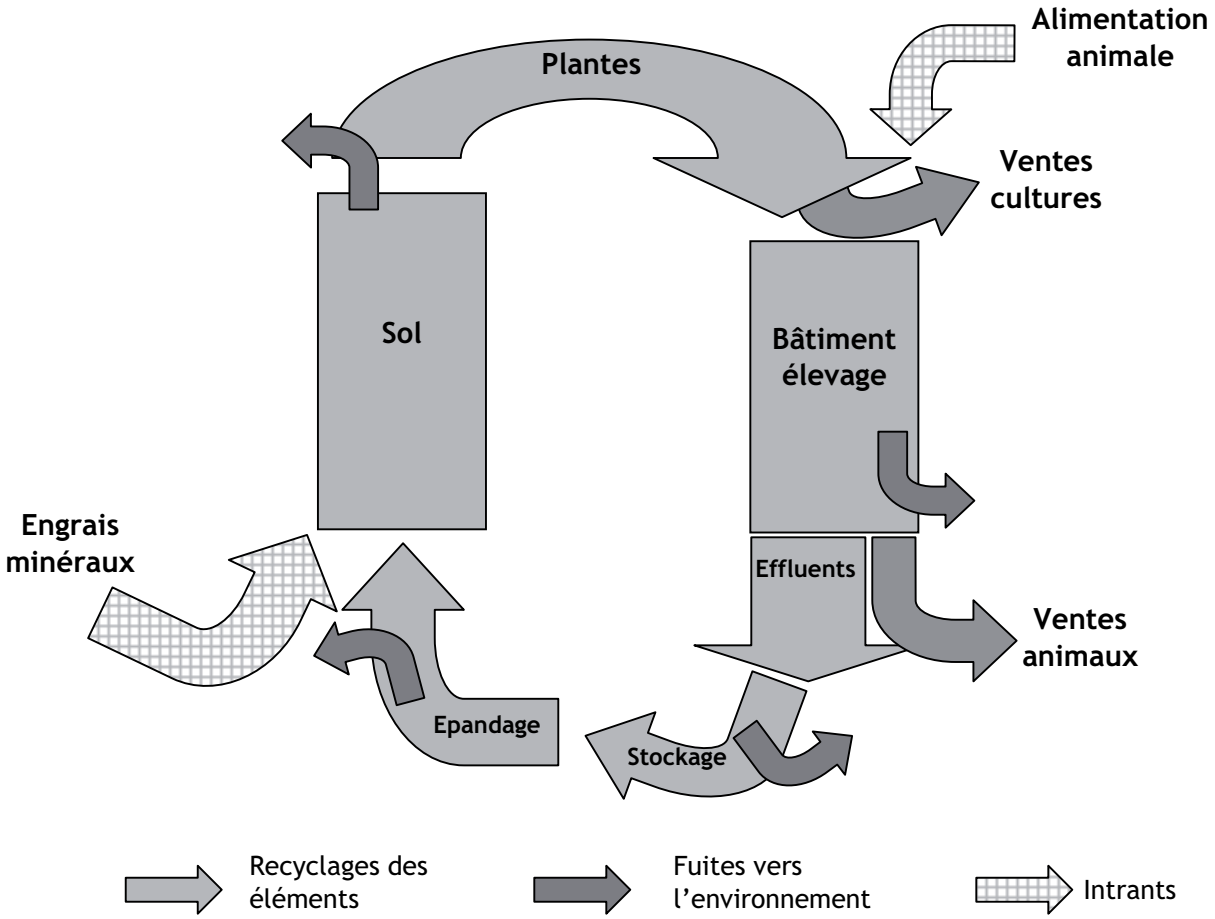
Concernant la conception des bâtiments d'élevage, la plupart des truies est élevée sur caillebotis et maintenue dans des stalles au cours de leur gestation (70% des places) [Huet *et al.*, 2003 ; Bourguignon, 2010]. Les élevages en semi-plein air et en plein air ont disparu. Les bâtiments de post-sevrage et d'engraissement sur litière accumulée sont peu courants (6% des places). La majorité des porcs en croissance est élevée en bâtiment fermé sur caillebotis total ou partiel. Le lisier est stocké sous les caillebotis et dans des fosses extérieures.

Figure 1.2 - Nombre de porcelets sevrés par truie productive et par an.



IFIP et Chambres d'agriculture de Bretagne [2010]

Figure 1.3 - Représentation des flux de nutriments dans une exploitation d'élevage.



Petersen *et al.* [2007]

Les gains de productivité des animaux se poursuivent après 2000. En 2009, 28,4 porcelets sont sevrés par truie et par an soit 2,5 porcelets de plus qu'en 2000 (Figure 1.2) [Chambre d'agriculture de Bretagne, 2010]. Cette amélioration de la productivité permet de compenser la diminution du cheptel de truies amorcée à partir de 2008 [Agreste, 2009]. L'indice de consommation global s'établit à 2,90 kg d'aliments par kg vif en 2009, soit 0,18 point de moins qu'en 2000 [Chambre d'agriculture de Bretagne, 2001 et 2010].

1.4 Un modèle de développement dans la tourmente, des crises de confiance

Les politiques nationales et européennes contribuent au développement d'un modèle de développement unique qui garantit à la France son autonomie en viande de porc. L'augmentation de la production s'accompagne d'un agrandissement de la taille des élevages et de leur spécialisation. Les exploitations de polyculture-élevage font progressivement place à des ateliers spécialisés. Cette évolution fait apparaître de grands bassins européens. Cela s'explique en grande partie par les économies d'échelle permises par l'augmentation de la taille des élevages et leur concentration géographique. Il s'en suit une amélioration de l'efficacité de l'ensemble de la filière, en particulier des secteurs amont et aval. Mais cette évolution s'est rapidement heurtée à l'apparition de problèmes environnementaux, et plus généralement à la remise en cause par la Société du modèle d'élevage sur caillebotis. Nous évoquerons dans ce chapitre les facteurs qui ont contribué à sa fragilisation.

1.4.1 Les externalités négatives générées par l'élevage

Comme la plupart des activités humaines, l'agriculture contribue à l'épuisement de certaines ressources naturelles, aux pollutions et aux nuisances [de Haan *et al.*, 1997]. Elle peut altérer la qualité de l'eau, avoir un effet négatif sur le sol, être à l'origine d'émissions de gaz [Willians, 1995].

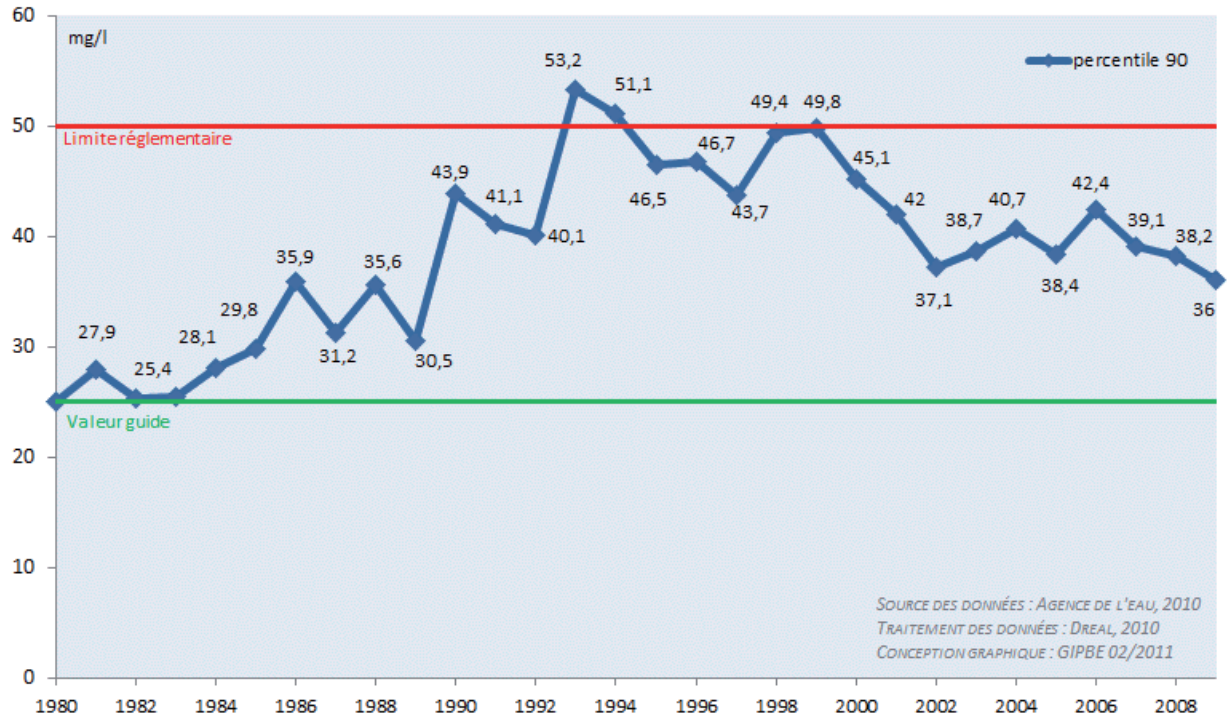
La dégradation de la qualité de l'eau

Traditionnellement, les nutriments s'insèrent dans des cycles qui font intervenir d'un côté les productions végétales et de l'autre animales (Figure 1.3). L'augmentation des rendements et la spécialisation progressive des exploitations conduisent à l'accroissement de l'utilisation d'intrants. Le corollaire de cette spécialisation a conduit à une mauvaise valorisation des effluents et à l'appauvrissement des sols des exploitations céréalières. Ce phénomène est accentué par la régionalisation des productions.

Ainsi, l'utilisation des fertilisants, engrais minéraux, déjections animales produites ou non sur les exploitations, a contribué aux gains de productions mais peut présenter des dangers pour la qualité de l'eau [Katerji *et al.*, 2002]. S'appuyant sur des relevés d'évolution des teneurs en nitrates des rivières, le rapport Hénin en 1980 [Benoît et Papy, 1998] souligne les effets négatifs des pratiques agricoles intensives sur la qualité de l'eau : l'agriculture serait responsable à 65% de la pollution azotée [Pujol et Dron, 1999].

Les excédents d'azote sont particulièrement importants dans les zones de grandes cultures et d'élevage. En Bretagne, les fertilisants apportés au sol excèdent de

Figure 1.4 - Evolution des teneurs en nitrates des cours d'eau en Bretagne.



45000 tonnes les besoins en azote des plantes et de 22000 tonnes en phosphore [Agreste, 2009]. Selon la même source, 65% de l'azote et 84% du phosphore apportés au sol proviennent des animaux, essentiellement par les élevages bovins pour le premier élément et les hors-sol pour le second. Ces derniers disposent de faibles superficies et sont implantés dans des territoires où les éleveurs de bovins ont besoin de leurs terres pour l'épandage de leurs effluents.

Le développement de l'élevage en Bretagne serait donc en partie responsable de l'augmentation de la concentration en nitrates des cours d'eau : elle est passée de 5 mg par litre en 1971 [Diren Bretagne, 2000 cité par Montel, 2001] à 50 mg en 1999 (Figure 1.4). Depuis 1999, la concentration en nitrates diminue, se maintenant autour de 40 mg par litre. Cependant, elle génère un flux d'azote de 76000 tonnes vers le littoral [Diren, 2010] qui a un double effet :

- Il porte préjudice à la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine. La norme de potabilité se situe au maximum à 50 mg de nitrates par litre (80-778/CEE). Elle est dépassée dans certains secteurs en Bretagne, donnant lieu à des procès médiatisés. Ainsi, la Lyonnaise des Eaux a dû indemniser 176 consommateurs de la ville de Guingamp (22) en 1995 pour la distribution d'une eau non conforme pour la teneur en nitrates. Estimant légitime ces revendications, ce groupe a entamé une action en responsabilité contre l'Etat pour mettre en évidence l'absence de moyen de contrôle des contrats d'exportation des déjections animales, l'insuffisance de l'instruction administrative des dossiers d'autorisation d'implantation de nouveaux élevages et le non-respect des délais de transposition en droit français de la directive nitrate (91/676/CEE). En se prononçant en 2001 en faveur de la Lyonnaise des Eaux dans son action entamée 5 ans auparavant, le Commissaire du Gouvernement reconnaît la responsabilité de l'Etat dans le non-respect de la qualité de l'eau à Guingamp entre 1990 et 1996 [Tribunal administratif de Rennes, 2001].
- La pollution par les nitrates entraîne la dégradation des milieux aquatiques en favorisant la prolifération du plancton et des macrophytes. La réduction de l'oxygène asphyxie le milieu et mène à l'eutrophisation. L'invasion par les algues vertes des plages des baies bretonnes de Lannion, Saint-Brieuc et Douarnenez s'est manifestée au début des années 1970 mais la prise de conscience de ce phénomène devient réelle qu'en 1977 avec la publication de la première étude sur le sujet [Kopp, 1977].

Ces pollutions diffuses contribuent à jeter l'opprobre sur la production porcine. En Bretagne, elle est souvent pointée du doigt par l'opinion publique.

La diminution de la fertilité des sols

Relégués au second plan par les nitrates dans l'eau, les agronomes s'interrogent sur les conséquences de la diminution de la teneur en matières organiques des sols bretons et l'accumulation de métaux lourds :

- Les restitutions de matières organiques augmentent au cours de ces dernières décennies mais leurs taux diminuent [Hacala *et al.,* 1999]. Ce phénomène est le résultat de la minéralisation massive du stock de

matières organiques stimulée par la succession rapide des cultures, la multiplication des travaux du sol au cours d'une campagne sur les horizons superficiels et la diminution de l'utilisation du fumier au bénéfice du lisier [Barloy *et al.*, 1989]. Cette baisse des teneurs en matière organique traduit l'appauvrissement chimique des sols et constitue un facteur important d'érosion par ruissellement qui favorise le transfert des pesticides et du phosphore vers les cours d'eau [Leonard *et al.*, 2009].

- Le cuivre (Cu) et le zinc (Zn) présents dans les effluents d'élevages porcin et avicole ont un impact sur la fertilité. Ils peuvent être toxiques pour les plantes, particulièrement lorsqu'elles sont cultivées sur des sols acides [Robert, 1996] largement représentés en Bretagne. Les seuils de phytotoxicité admis s'établissent à 120 ppm de Cu $EDTA^{14}$ et à 120 ppm de Zn $EDTA^{3}$ [Coppenet *et al.*, 1993]. Les taux d'enrichissement des sols sont tels que des apports annuels de 0,37 ppm de cuivre et de zinc permettraient d'atteindre ces niveaux de phytotoxicité d'ici la fin du XXI^{ème} siècle [Coppenet *et al.*, 1993]. Peu assimilables par les animaux, ces deux éléments étaient présents jusqu'en 2003 dans les aliments des porcs à des teneurs supérieures aux recommandations [Paboeuf *et al.*, 2000].

Les émissions de gaz

Même si l'élevage porcin produit seulement 7% à 8 % de l'ammoniac (NH_3) et 1% des émissions totales de protoxyde d'azote (NO_2)d'origine agricole [Corpen, 2003], ces deux gaz présentent un risque pour l'environnement. Le NH_3 participe à l'acidification des sols et à l'eutrophisation du milieu. Le N_2O est un Gaz à Effet de Serre (GES) qui prend part au réchauffement climatique.

La production de gaz en élevage est liée à la dégradation des déjections produites par les porcs :

- Dans les bâtiments sur caillebotis, 25% de l'azote excrété par les animaux dans les urines et les fèces se volatilisent sous forme de molécules gazeuses, essentiellement en ammoniac (NH_3) et en protoxyde d'azote (N_2O) [Corpen, 1996 et 2003]. Durant le stockage du lisier, 5 à 10% de l'azote initial est perdu sous la forme de NH_3.
- Dans les bâtiments sur supports meubles, les rejets d'azote sont compris entre 50% et 70% [Corpen, 2003]. Pour les litières de paille, 10% à 24% de l'azote excrété est émis sous la forme de NH_3. La perte de N_2O est proche de celle de NH_3 si la litière est brassée régulièrement sinon elle est comprise entre 2 et 4% de l'azote excrété. Pour les litières de sciure parfaitement maîtrisées, la perte sous forme de N_2O est supérieure (8% de l'excrété) alors que sous forme de NH_3 elle est réduite (20% de l'excrété). La perte d'azote est de 10% (compostage du fumier de paille) à 30% (compostage de fumier de sciure).

Des GES sous forme de dioxyde de carbone (CO_2) sont également émis en amont et en aval de l'élevage. Ils doivent être pris en considération dans le bilan environnemental global des systèmes de production. L'effet de serre de l'élevage est évalué par son empreinte carbone. Il s'agit de quantifier les GES aux

différentes étapes de la fabrication du produit [Espagnol *et al.*, 2009]. Exprimées pour les différents gaz en équivalents CO_2 et quantifiées par la méthode dite de l'Analyse des Cycles de Vie (ACV), les émissions se situent entre 2,3 et 3,4 kg équivalent CO_2 par kg de porc vif sortie élevage [Cederberg *et al.*, 2004 ; Basset-Mens *et al.*, 2005 ; Espagnol *et al.*, 2009 ; ADEME cité par Espagnol *et al.*, 2009]. Cette méthode estime entre 11,0 et 15,7 MJ par kg de porc vif sortie élevage les consommations d'énergie directe et indirecte [Basset-Mens *et al.*, 2005 ; Espagnol *et al.*, 2009], dont 34% uniquement pour le volet élevage.

Les nuisances olfactives et visuelles

La dégradation des déjections produites par les animaux génère une très grande variété de composés malodorants [Guingand, 1999]. Des odeurs proviennent des bâtiments d'élevage, des ouvrages de stockage des effluents et des épandages. Certaines sont spécifiques aux modes d'élevage [Begnaud *et al.*, 2004] et occasionnent des conflits entre les éleveurs de porcs et leurs voisins ruraux souvent non issus du monde agricole.

Les bâtiments agricoles font partie du paysage. Pendant longtemps, il s'agissait de constructions utilitaires sans réflexion architecturale, urbanistique ou d'intégration dans leur site [Blanchi, 2004] qui pouvaient être responsables de nuisance visuelle [Roguet *et al.*, 2009].

1.4.2 Les produits agricoles et la santé publique

Des crises sanitaires ont provoqué des angoisses collectives préjudiciables à l'image de l'élevage. Elles ont contribué à jeter le discrédit sur la qualité des produits agricoles [Rainelli, 2001]. Elles ont sensibilisé la population européenne aux conditions d'élevage des animaux, conditions jugées inadéquates.

Deux crises sanitaires majeures : L'ESB et le poulet à la dioxine

L'Encéphalopathie Spongiforme Bovine (ESB) apparaît au Royaume-Uni en novembre 1986 lorsque le laboratoire vétérinaire central britannique découvre dans un élevage du Surrey une vache présentant des symptômes neurologiques atypiques [Neilson, 1996]. Cette épidémie trouve son origine dans l'utilisation de farines animales pour l'alimentation des bovins [Brugère-Picoux, 1995]. Les décès par la maladie de Creutzfeldt-Jakob conduisent les scientifiques à suspecter la transmission de l'ESB à l'homme, créant une psychose sans précédent en 1996 [Collinge *et al.*, 1996]. Cette crise est marquée par le décalage entre l'idée que les consommateurs se faisaient des conditions et des pratiques d'élevage. Le public découvre que les vaches consomment de l'herbe et des compléments alimentaires d'origine minérale, de synthèse et animale [Landais, 1996].

En 1999, des huiles utilisées dans l'alimentation des animaux, fabriquées par l'entreprise belge Verkest, renferment des teneurs élevées en dioxine. L'ingestion d'aliments contaminés par les volailles entraîne des chutes de ponte et de fertilité dans certains élevages en Belgique. Après avoir rendue publique l'incorporation de ces huiles dans l'alimentation du bétail, les consommations de volailles et d'œufs ont chuté de 20%. En moins d'une semaine, la psychose du poulet à la dioxine prend une dimension internationale. Décrite initialement comme un simple accident, la crise devient un véritable Chickengate [Anonyme, 1999].

L'usage des antibiotiques

Les antibiotiques sont une classe thérapeutique essentielle en médecine animale et humaine. Ils permettent de maîtriser les maladies infectieuses. A ce titre, l'incorporation de ces substances à des doses de l'ordre de 50 ppm dans l'alimentation des porcs s'est développée à partir du début des années 1950. Cette pratique améliore les performances de croissance de 3% et l'efficacité alimentaire de 5% [Raoul, 1999]. Légalisés dans l'Union Européenne en 1970 (70/524/CEE), 13 antibiotiques longtemps utilisés comme additifs alimentaires sont désormais interdits. En effet, l'utilisation d'antimicrobiens à des concentrations non thérapeutiques chez les animaux d'élevage contribue à l'émergence de bactéries pharmaco résistantes, limitant ainsi l'efficacité de certains antibiotiques utilisés en médecine humaine [Davies, 1994, Moubarek *et al.*, 2003].

A titre préventif, les antibiotiques sont administrés pendant certaines périodes critiques de la vie de l'animal, sur des durées courtes, sous la prescription et le contrôle d'un vétérinaire. Cependant, cette utilisation à laquelle s'ajoutent les hormones font régulièrement l'objet de débats.

1.4.3 La diminution de la biodiversité

Pour l'*US Congress office of technology assessment* (1972–1995), la biodiversité représente la variété et la variabilité des organismes vivants et des écosystèmes dans lesquels ils se développent. Ses composants sont imbriqués en plusieurs niveaux allant des écosystèmes jusqu'aux structures chimiques qui constituent les bases moléculaires de l'hérédité. Ce terme englobe l'abondance relative des écosystèmes, des espèces et des gènes. L'agriculture contribue à la réduction de la diversité biologique [Lamotte, 1995].

Sur les 350 races porcines répertoriées dans le monde [Mason, 1988], moins de 10 interviennent de façon déterminante dans l'élevage moderne [Legault, 1992]. En France, les races locales Blanc de l'Ouest, Limousine, Gasconne, Bayeux et Basque ont la particularité d'être bien adaptées à des conditions d'élevage difficiles [Legault, 1992] mais les effectifs de truies sont limités : 1 320 animaux dont 119 truies Porc Blanc sont répartis dans le grand ouest [Lenoir *et al.*, 2002].

Dans le contexte d'intensification de l'élevage, ces races sont délaissées au profit des *Large White*, *Landrace*, *Piétrain* et dans une moindre mesure *Duroc*. Plus performantes sur le plan économique, ces dernières font l'objet depuis le début des années 1950 de programmes de sélection en France et en Europe [Ollivier *et al.*, 1978]. La création de lignées dites composites se développe à partir de 1990 [Legault, 1992]. La forte diffusion de quelques animaux d'élite conduit à la réduction de la diversité génétique [Delaunay et Merour, 2006].

La disparition des races locales et la diminution de la variabilité génétique pourraient constituer une menace. Elles rendent plus aléatoire l'éventuelle adaptation des animaux à de nouvelles conditions de milieu [Lamotte, 1995].

Les hommes n'acceptent le changement que dans la nécessité et ils ne voient la nécessité que dans la crise.

[Jean Monnet,
Mémoires]

Nous avons à vivre non point dans un monde nouveau dont il serait possible de faire au moins la description, mais dans un monde mobile, c'est à dire que le concept d'adaptation doit être généralisé pour rester applicable à nos sociétés en accélération.

[Gaston Berger,
Education et prospective]

2 L'avènement du *développement durable* : L'inflexion du modèle productiviste

Le poids budgétaire de la PAC, le nouveau cadre des échanges commerciaux internationaux, l'élargissement de l'Union Européenne et les pollutions d'origine agricole conduisent les pouvoirs publics à réformer dès 1992 les politiques agricoles afin de réorienter le modèle de production. Les réformes de la PAC et les lois d'orientation encouragent les éleveurs de porcs à rechercher des solutions pour s'adapter aux nouvelles contraintes et attentes de la Société. Mais les mesures adoptées sont insuffisantes au regard des crises successives qui frappent ce secteur d'activité. Nous aborderons dans cette partie les différentes réformes des politiques européennes qui incitent à l'inflexion du modèle productiviste. Nous verrons comment les éleveurs de porcs se sont adaptés à ces nouveaux enjeux. Malgré tout, ce secteur est toujours en crise : après avoir répondu efficacement à la demande des pouvoirs publics formulée à travers le plan de rationalisation de la production en 1970, ils se sentent abandonnés et incompris.

2.1 Vers une agriculture multi-fonctionnelle

En 1985, la Commission européenne présidée par Jacques Delors propose une réforme radicale de la PAC. Le Livre Vert rappelle les objectifs économiques et sociaux de la PAC et souligne que le modèle visant l'accroissement du revenu par le biais de l'augmentation du volume de production n'est plus conciliable avec les réalités économiques et financières actuelles [Fouilleux, 2003]. Il alerte les États membres sur les excédents structurels et leur coût pour le budget. Il propose de rapprocher les prix agricoles européens des prix mondiaux et d'instaurer des aides directes pour compenser la baisse de revenu. Il plaide en faveur d'une approche plus orientée vers le marché, en admettant que des subventions puissent être justifiées par des objectifs de politique sociale et des considérations environnementales. Ces suggestions s'intègrent dans un contexte d'internationalisation croissante des économies avec l'ouverture en 1986 d'un nouveau cycle de négociations commerciales internationales, l'Uruguay round. Ce Livre Vert constitue le point de départ d'un ensemble de réformes incitant à l'inflexion du modèle de développement. Nous évoquerons dans ce chapitre les différentes réformes qui ont mené progressivement à l'éco-conditionnalité.

2.1.1 A partir de 1992 : Réduction des prix et aides directes

Sur fond de surproduction structurelle et de négociations commerciales internationales, l'Europe adopte en mai 1992 la première grande réforme de la PAC ou *réforme Mac Sharry*. Elle instaure une baisse des prix agricoles compensée par des aides directes à l'hectare. Elle met en place l'obligation de gel des terres. L'objectif n'est plus le développement de la production agricole mais sa maîtrise voire sa réduction.

Le règlement agri-environnemental (2078/92) accompagne cette réforme. Il a pour objectif de réduire les effets polluants de l'agriculture en encourageant la modification des pratiques pour une meilleure prise en compte de l'environnement : diminution d'intrants, extensification et conversion à l'agriculture biologique. Ce règlement promeut les pratiques agricoles assurant

l'entretien de l'espace naturel, la protection des biotopes rares et sensibles, la lutte contre la déprise, la protection des paysages menacés et la lutte contre les incendies de forêt.

2.1.2 A compter de 1999 : Vers un développement rural durable

La conférence européenne de Cork en 1996 met l'accent sur la nécessité d'intégrer l'agriculture dans une approche globale de développement rural. La déclaration finale affirme la volonté de promouvoir un développement durable et intégré, en tenant compte de la précarité, de l'égalité des chances, des critères environnementaux et de l'équilibre villes -campagnes. Dans ce contexte, le Conseil européen de Luxembourg de décembre 1997 définit un nouveau modèle agricole européen dans lequel l'agriculture doit, en tant que secteur économique, être multifonctionnelle, durable, compétitive. Elle doit être répartie sur tout le territoire européen, y compris les régions à problèmes spécifiques. C'est dans cet esprit qu'une nouvelle réforme de la PAC est préparée et conduit aux accords de Berlin de mars 1999.

Cette réforme de 1999 institue la poursuite de la baisse des prix compensée par des aides directes pour préparer l'Union Européenne à l'ouverture des marchés internationaux et son élargissement aux Pays d'Europe centrale et orientale. Pour compléter l'ancienne politique agricole centrée sur le soutien des marchés (premier pilier de la PAC), un Règlement de Développement Rural (RDR) est promulgué (deuxième pilier de la PAC). Il reprend les Mesures Agro-Environnementales (MAE) de la réforme de 1992 auxquelles s'ajoutent d'autres dispositifs en faveur de l'environnement, du territoire et du patrimoine rural.

Le Conseil européen réaffirme le contenu de la réforme pour assurer une agriculture multifonctionnelle, durable et compétitive. Cette agriculture doit être capable d'entretenir le paysage, de maintenir l'espace naturel et d'apporter une contribution essentielle à la vitalité du monde rural. Elle doit répondre aux préoccupations et aux exigences des consommateurs en matière de qualité des denrées alimentaires, de protection de l'environnement et de préservation du bien-être des animaux. Le RDR apparaît comme une réponse à l'état de crise dans lequel se trouve le modèle de développement agricole des années 1960 : l'exploitation agricole familiale moyenne pour subsister ou se développer devait améliorer sans cesse sa productivité en adoptant des processus de type industriel qui apparaissent aujourd'hui contraires aux objectifs de durabilité des espaces ruraux.

Parallèlement aux accords de Berlin, le gouvernement français promulgue en 1999 une nouvelle loi d'orientation agricole (99-574). Dans son article premier, cette loi met en perspective la notion de développement durable prenant en compte les fonctions économique, environnementale, sociale de l'agriculture et sa participation à l'aménagement du territoire.

2.1.3 Dès 2003 : *L'éco-conditionalité* imposée par l'Union Européenne

Aller dans le sens de cette transformation revient à modifier les façons de produire. Mais ces changements de pratiques ont un coût. Cela signifie que l'agriculteur doit avoir de solides connaissances techniques, maîtriser la gestion

globale de ses itinéraires techniques, disposer de bâtiments et de matériels adaptés. L'introduction d'objectifs de durabilité est perçue par les agriculteurs comme contradictoire avec la viabilité économique de leur exploitation.

Dans son projet stratégique publié en 2001 et intitulé *Cap 2010 : une agriculture durable, des agriculteurs responsables* [APCA, 2002], l'Association Permanente des Chambres d'Agriculture (APCA) définit cette agriculture comme :

- Une agriculture *rentable,* parce que les agriculteurs veulent vivre de leur travail et bénéficier de sa valeur ajoutée, créer des emplois et assurer durablement l'avenir de leurs entreprises.
- Une agriculture *vivable,* parce que l'exercice du métier d'agriculteur doit laisser du temps pour vivre, participer à la vie sociale et aux projets de développement local.
- Une agriculture *fiable,* parce que la Société attend d'elle qu'elle lui garantisse la qualité sanitaire de ses produits.
- Une agriculture *adaptable,* parce que les évolutions technologiques, économiques et sociales demandent un effort permanent d'innovation.
- Une agriculture *renouvelable,* parce que l'acte de production se développe sur des territoires s'inscrivant dans la durée en tenant compte de ses conséquences sur l'environnement pour se pérenniser.

C'est dans ce contexte que naît le compromis de Luxembourg réformant la PAC en 2003. L'objectif initial est de conformer le système d'aides aux agriculteurs européens aux engagements pris dans le cadre de l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC). Cela signifie que le marché devient le principal régulateur de l'offre de produits. Par ailleurs, il s'agit de renforcer la capacité de l'agriculture à répondre aux demandes de la Société en matière de préservation de l'environnement, de la qualité des produits et de développement durable. L'élargissement de l'Union Européenne à 10 nouveaux pays au 1er mai 2004 et la stabilisation du budget jusqu'en 2013 dans une Europe à 25 sont également pris en compte. Les subventions sont maintenues, mais découplées totalement ou partiellement de la production pour ne pas perturber les mécanismes du marché. Elles sont tributaires de fonctions sociales, territoriales et environnementales.

En contrepartie du maintien des sommes versées, 19 directives ou règlements adoptés entre 1979 et 2003 concernant l'environnement, l'identification des animaux, la santé publique, le bien-être des animaux et leur santé doivent être respectés. Leur non-respect amène à des pénalités sur le paiement des droits et des aides liées au second pilier lorsque les obligations de maintien des surfaces dans de bonnes conditions agronomiques et environnementales ne sont pas assurées. L'éco-conditionnalité rappelle aux chefs d'exploitation que les aides européennes leur imposent le développement durable dans leurs pratiques. Cette mutation élève les niveaux d'exigence sur des actions raisonnées. La concurrence est plus vive sur les marchés, ces réformes ne freinant pas la course au productivisme mais la rend plus difficile et donc plus sélective.

Parallèlement, la loi d'orientation agricole de 2006 (2006-11) vise à renforcer l'organisation économique. Elle consacre le passage d'une agriculture de type

familial à une agriculture de type entrepreneurial. En accord avec le principe d'éco-conditionnalité inscrit dans la réforme de la PAC de 2003, un crédit d'impôt est créé au profit des entreprises ayant au moins 40% de leurs recettes provenant de l'agriculture biologique ou de la production de biocarburants. La promotion de ces nouveaux carburants rejoint le souci de consolider les revenus des agriculteurs *via* la pluriactivité. Cette loi d'orientation est en relation avec la loi dite *Grenelle I* (2009-967) adoptée par le parlement le 23 juillet 2009. Elle promeut le développement de l'agriculture biologique, la réduction de l'usage des pesticides et de la consommation d'énergie.

2.2 La production porcine en Bretagne : S'adapter aux nouveaux enjeux

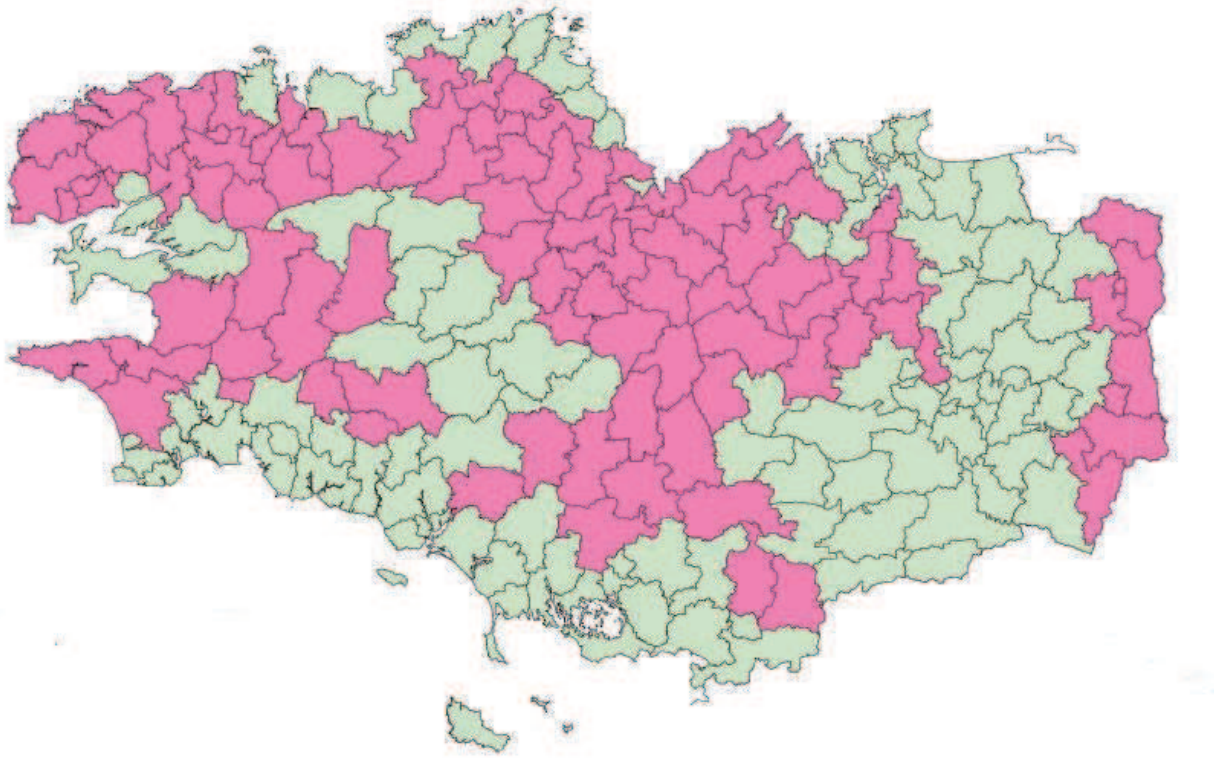
La réorganisation de la filière, les gains de productivité des animaux et de la main d'œuvre permettent aux éleveurs d'affronter les crises économiques successives liées à la diminution des cours du porc et/ou à l'augmentation des prix des aliments. Peu concernés directement par les mécanismes de soutien des prix, les éleveurs sont surtout attendus sur le volet environnemental, sur la qualité sanitaire des produits et sur les conditions d'élevage. Nous exposerons dans ce chapitre les actions qui leur ont permis de s'adapter aux demandes de plus en plus exigeantes de la Société : une viande de qualité à bas prix, respectant l'environnement et l'animal.

2.2.1 La recherche de gains de productivité

La production porcine n'est pas directement concernée par les mécanismes de compensation des baisses de prix. Cependant, elle s'insère en France dans une grande diversité de systèmes de production [Illari *et al.*, 2003]. Elle est donc concernée par l'incidence des réformes politiques sur les productions auxquelles elle est associée dans les exploitations [Marouby, 2006]. Un changement d'orientation d'un système laitier peut conduire par exemple à des modifications substantielles des assolements, des pratiques de fertilisation des cultures [Le Gall, 1998], donc de l'utilisation des déjections organiques des élevages de porcs. La stratégie des exploitations porcines reste malgré tout influencée par le prix du porc et des intrants, particulièrement celui de l'aliment. Jusqu'à présent, les gains de productivité des animaux et de la main d'œuvre présentés dans la partie 1. ont permis aux éleveurs les plus compétitifs de faire face aux différentes crises.

La pression exercée sur les prix agricoles amène les acteurs de la filière porcine à se restructurer pour améliorer les rapports de force avec la grande distribution et la concurrence étrangère. La fusion des groupements constatée au cours de ces dernières années répond à ces besoins [Guibé *et al.*, 2004]. En 1980, au nombre de 204 en France, ils ne sont plus que 67 en 2007 [IFIP, 2010] dont 20 en Bretagne [CRP, 2008]. Depuis 2007, plusieurs d'entre eux se sont regroupés en Bretagne portant leur nombre à 11 à ce jour : Prestor et Cecab en 2008, Cooperl et Arca en 2009 et récemment Porc Bretagne Ouest, Pigalys, Léon Tréguier et Terrena. Les fusions concernent également l'aval de la filière. Le groupe Bigard a pris le contrôle de la structure coopérative Socopa en 2006.

Figure 2.1 - Cantons en Zones en Excédent Structurel en Bretagne.



Pression d'azote organique par hectare

<= 170 kg, cantons hors ZES

> 170 kg, cantons ZES

DIREN Bretagne [2009]

2.2.2 Des mesures pour limiter l'impact de l'élevage sur l'environnement

Elles occupent une place importante en Bretagne depuis le début des années 1990. En raison de la complexité du corps des réglementations environnementales, nous évoquerons dans cette section les principales procédures réglementaires destinées à la résorption des excédents et certains programmes d'actions associées. Ces obligations prendront toutes leurs dimensions dans la partie 5. de ce travail de thèse.

La résorption des excédents

Les textes relatifs à la protection de l'environnement concernent d'une part les procédures préalables à la mise en œuvre des projets susceptibles d'avoir un impact négatif sur le milieu et d'autre part la résorption des excédents de nitrates dans les eaux souterraines.

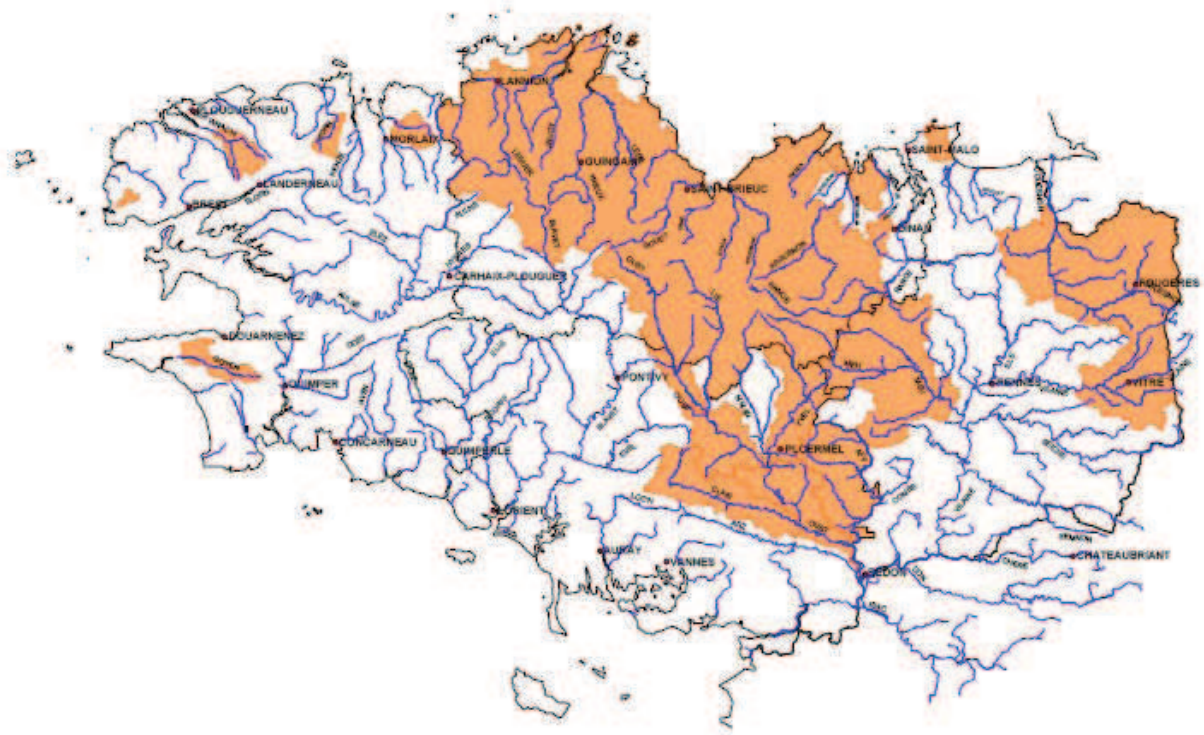
En France, la réglementation la plus ancienne concerne les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement ou ICPE (76-663). Longtemps seule réglementation à visée environnementale applicable aux élevages, cette loi est régulièrement rejointe par de nouveaux textes dont les directives européennes dite Nitrate (91/676/CEE) et IPPC (96/61/CE). La première concerne la protection des eaux contre la pollution à partir de sources agricoles, la seconde porte sur la prévention et la réduction intégrées de la pollution (Integrated Pollution Prevention and Control). Cette dernière concerne la mise en œuvre sur certaines installations classées de *Meilleures Techniques Disponibles* (MTD) dont les objectifs sont : la réduction des émissions d'ammoniac, de consommation d'eau, d'énergie et de protection de la qualité des eaux.

La transcription en droit français de la directive nitrate est réalisée à partir de 1993 (décret 93-1038) et constitue la véritable prise de conscience des impacts de l'agriculture sur la qualité de l'eau [Canevet, 1992]. Elle enjoint aux Etats membres de définir :

- Des zones vulnérables où les valeurs limites de concentration en nitrates dans les eaux superficielles destinées à l'alimentation en eau potable sont dépassées ou menacent de l'être (>50 mg par litre).
- Un Code des Bonnes Pratiques Agricoles (CBPA) s'articulant autour de la fertilisation et de l'épandage raisonnés, de la mise en conformité d'ouvrages de stockage, etc.
- Des programmes d'actions applicables aux zones vulnérables, principalement la mise en œuvre du CBPA et la limitation des épandages des déjections organiques (moins de 210 kg puis 170 kg d'azote organique par hectare épandable et par an respectivement à partir de 1998 et 2003).

Ce plafonnement des apports d'azote d'origine organique a conduit les pouvoirs publics à définir en 1993, en complément des zones vulnérables, des Zones en Excédent Structurel ou ZES. Elles sont définies par canton par l'arrêté préfectoral du 1er août 2002 et font l'objet d'un programme de résorption. Quatre vingt dix cantons sont classés en ZES en 2009 dans les Côtes d'Armor (Figure 2.1) dès lors que la production d'azote d'origine animale rapportée à la Surface Recevant des

Figure 2.2 - Zones d'Actions Complémentaires en Bretagne, directive nitrate.



DIREN Bretagne [2009]

Zones d'Actions Complémentaires

Déjections (SRD) est supérieure à 170 kg par hectare. Conjointement, des mesures sont instaurées pour limiter l'impact de l'élevage sur l'environnement parmi lesquelles : la réduction des intrants alimentaires, le traitement des effluents provenant des ateliers porcins et avicoles, leur transfert vers les cantons hors ZES où la pression est inférieure à 140 unités d'azote organique par hectare épandable et par an, le contingentement des plans d'épandage et le respect des effectifs déclarés au 1er janvier 1994. Le développement des élevages de porcs et de volailles est ainsi fortement réglementé.

Des Zones d'Actions Complémentaires (ZAC) sont définies parallèlement aux ZES (Figure 2.2). Ces zones sont délimitées en fonction de la qualité de l'eau des bassins versants qui y sont associés (présence de captages d'eau potable dont la teneur en nitrates est supérieure à 50 mg par litre). Des obligations supplémentaires s'appliquent aux exploitations situées dans les ZAC : la couverture du sol est rendue obligatoire en période de lessivage, le maintien de l'enherbement des berges, l'interdiction d'apport d'azote sur la culture qui suit un retournement de prairie de plus de 3 ans et la limitation de la fertilisation azotée d'origine organique et minérale à 210 unités par hectare épandable et par an.

La directive nitrate de 1991 oblige également à déployer le principe pollueur-payeur aux activités agricoles. Dans le cadre de la politique de l'eau du 3 janvier 1992, l'application de l'aide-redevance pollution est étendue aux élevages. Assise sur le nombre d'Unités de Gros Bétail (UGB), elle permet le financement d'actions de restauration de la qualité de l'eau par les agences de l'eau.

Les programmes d'actions

Parallèlement à ce *corpus* de réglementations, les pouvoirs publics instaurent des programmes d'actions pour réduire les externalités négatives de l'élevage sur le milieu naturel :

- Les élevages de porcs bénéficient dès 1991 d'un dispositif d'aide aux investissements permettant de réduire les risques de pollution (circulaire 91-7050).
- En 1990, le dépassement fréquent des normes sanitaires pour la fabrication d'eau destinée à la consommation humaine conduit l'Etat, le Conseil Régional de Bretagne, l'Agence de l'eau Loire-Bretagne et les Conseils Généraux bretons à financer une action de restauration de la qualité : Bretagne Eau Pure (BEP). Deux cent vingt millions d'euros auraient été consacrés au financement de ce programmes [Corre Y., 2008].
- Le Programme de Maîtrise des Pollutions d'Origine Agricole (PMPOA) mis en place à partir de 1993 finance les ouvrages de stockage et d'imperméabilisation des aires bétonnées, la séparation des eaux pluviales et des eaux souillées, les équipements d'élevage pour adapter la conduite alimentaire des animaux à leurs besoins, etc.. Les exploitations agricoles intégrées dans ce programme sont au nombre de 20 000 en Bretagne. La moitié sont des élevages de porcs [Agreste, 2009].

- Le gouvernement français initie en 1992 les Plans de Développement Durable ou PDD. Ils servent de réflexion à la préparation de la loi d'orientation de 1999 [Boinon *et al.*, 2010]. La notion de durabilité est évoquée pour la première fois en élevage.
- Les mesures agri-environnementales sont intégrées dans le dispositif de soutien public à l'agriculture. Elles sont instituées par la loi d'orientation agricole de 1999 à travers le Contrat Territorial d'Exploitation (CTE) puis le Contrat d'Agriculture Durable (CAD) à partir de 2003. Ils constituent un élément essentiel de l'application du Règlement de Développement Rural (RDR) dont l'objectif est d'orienter les exploitations vers une agriculture durable et multifonctionnelle [Urbano et Vollet, 2005]. Ils les ouvrent vers d'autres acteurs du monde rural.
- Sous la conduite de l'Etat et de ses représentants régionaux en Bretagne, les acteurs de l'agriculture concernés par la protection de la qualité de l'eau signent en 2002 la *Charte pour un développement pérenne de l'agriculture et de l'agroalimentaire en Bretagne incluant la reconquête de la qualité de l'eau* ou *plan Gérondeau*. Un plan d'action pour la résorption des excédents d'azote est mis en œuvre, considérant qu'*ils sont avant tout liés aux élevages hors-sol et que ceux-ci doivent participer de façon prioritaire aux objectifs de résorption*. Il fixe des objectifs par filière, une réduction de 40 000 tonnes d'azote organique rejetées chaque année par les élevages de porcs en Bretagne est fixée [Anonyme, 2001].
- Depuis janvier 2007, le Programme de Développement Rural Hexagonal (PDRH) remplace le CAD. Il propose l'application de mesures agri-environnementales permettant d'améliorer les pratiques des agriculteurs, essentiellement dans les domaines de l'agriculture biologique et des systèmes fourragers économes en intrants.
- Un plan d'action pour lutter contre la prolifération des algues vertes sur le littoral breton est mis en place en février 2010. Il concerne 8 baies, ou *baies algues vertes*, identifiées dans le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Loire-Bretagne. Les bassins versants relatifs aux baies concernées représentent 3500 exploitations agricoles et 120 000 hectares de Surface Agricole Utile (SAU). L'objectif de réduction des flux de nitrates à l'horizon 2015 est fixé à 30%. Il sera atteint par la combinaison d'un meilleur contrôle des réglementations environnementales, de l'extension des zones naturelles, du développement de la production de méthane et de l'évolution des systèmes de production vers des systèmes à très faibles fuites de nitrates. A ce titre, le changement de modèle au profit de système herbager permettra de faire tourner de façon équilibrée l'azote produit entre le sol et les animaux tout en permettant une agriculture économiquement viable et écologiquement efficace [Ruiz et Delaby, 2010].

Ces mesures permettent de limiter les apports d'éléments fertilisants au sol. En 2006, les sols en Bretagne ont reçu un excédent de 33 kg d'azote et de 14 kg de

phosphore par hectare et par an par rapport aux besoins des plantes, soit respectivement 39% et 57% de moins qu'en 2001 [Agreste, 2009].

2.2.3 La sécurité sanitaire des produits

Les crises sanitaires des années 90 conduisent la mise en place de réglementations portant sur la traçabilité des produits alimentaires. Dès 1992 puis en 1997, les directives européennes 92/102/CEE et 97/12/CE fixent des exigences d'identification et d'enregistrement des animaux. Au niveau national, l'arrêté du 5 juin 2000 (AGR G0001128A) détermine les modalités concernant la tenue d'un registre d'élevage pour toutes les espèces animales dont la chair ou les produits doivent être cédés en vue de la consommation. Reprise dans la refonte de la législation alimentaire européenne de 2002, l'obligation de traçabilité des animaux et des pratiques d'élevage est fixée. Parallèlement, la segmentation des produits est encouragée et les facteurs de croissance interdits. Ces différentes mesures sont abordées dans cette section. Elles serviront à la définition et au fonctionnement des systèmes d'élevage décrits à la partie 5.

Le Paquet hygiène

Le règlement européen 178/2002 *Food Law* instaure pour la première fois une obligation générale de traçabilité à toutes les étapes de la chaîne alimentaire. Elle est définie dans l'article 18 comme étant : *la capacité de retracer, à travers toutes les étapes allant de la production à la distribution, le cheminement d'une denrée alimentaire, d'un aliment pour animaux, d'un animal producteur de denrée alimentaire ou d'une substance susceptible d'être incorporée ou susceptible de l'être dans des denrées alimentaires ou un aliment pour animaux.*

Cette réglementation rend obligatoire un suivi sans rupture de la fourche à la fourchette par tous les acteurs de la chaîne alimentaire. Elle concerne tous ses opérateurs et pose des prescriptions générales en matière de traçabilité des produits, de sécurité sanitaire des marchandises, de responsabilité de chaque exploitant, de procédure de retrait et de retour des denrées si besoin. Chaque intermédiaire est juridiquement responsable de son maillon et doit pouvoir identifier toutes les données concernant ses fournisseurs et ses clients pour reconstituer la généalogie de ses produits. Cela implique la mise en place de systèmes de traçabilité chez tous les opérateurs des filières agroalimentaires, notamment au niveau des exploitations agricoles.

Le règlement cadre 178/2002 est complété par les 852/2004 et 853/2004 concernant les règles d'hygiène applicables aux denrées alimentaires. Ces deux derniers sont entrés en vigueur le 1er janvier 2006 et sont dits *du Paquet hygiène*. Ils sont contrôlés au titre de la conditionnalité des aides PAC. Enfin, le 853/2004 fixe des règles spécifiques pour l'alimentation des animaux.

Pour les élevages de porcs, les exigences contrôlées concernent l'identification des animaux et la tenue du registre d'élevage :

- L'Identification Pérenne Généralisée (IPG) est mise en place dès 1978 en France. Elle garantit la traçabilité des animaux et lutte contre les maladies soumises à déclaration. La réglementation impose la connaissance des exploitations, des sites d'élevage ainsi que le

marquage des porcs par un numéro propre à chaque élevage (indicatif de marquage). Le cadre réglementaire oblige chaque Etat membre à disposer d'une base de données informatisée contenant le numéro unique d'identification de chaque exploitation avec le nom et l'adresse du détenteur des porcs et les mouvements des lots d'animaux.

- L'éleveur tient un registre d'élevage. Il est constitué d'un ensemble de documents relatifs aux caractéristiques de l'exploitation, à l'encadrement technique, sanitaire et vétérinaire, aux mouvements d'animaux, à l'entretien, aux soins et à l'alimentation des porcs. L'éleveur conserve dans ce registre les documents d'accompagnement correspondant aux entrées et aux sorties d'animaux de chaque site. Il respecte les mesures concernant l'utilisation des médicaments vétérinaires. Les bons de livraison des aliments, les fiches lots d'animaux, les ordonnances vétérinaires, etc. sont conservés pendant au moins 5 ans.

La Bretagne s'est dotée d'une base de données régionale nommée Infoporc. Ce système d'information est mis initialement en place pour l'éradication de la maladie d'Aujesky. Il contient des informations relatives au suivi sanitaire des élevages, à l'identification et aux mouvements d'animaux.

La réduction de l'usage des facteurs de croissance

A partir de 1997, certains facteurs de croissance incorporés dans l'alimentation des porcins sont exclus (2821/98 et 2788/98). Ces interdictions permettent de réduire en Europe de 50% entre 1997 et 1999 les quantités d'antibiotiques utilisées pour stimuler les performances des animaux [Fedesa, 1999]. Au 1er janvier 2006, la Commission européenne annule l'incorporation des derniers promoteurs de croissance encore autorisés : avilamycine, flavophospholipol, monensin sodium et salinomycine sodium (1831/2003).

Cette interdiction est la dernière étape d'un processus visant à l'élimination progressive de l'utilisation des antibiotiques à des fins non thérapeutiques. Elle s'inscrit dans la stratégie générale de la Commission européenne visant à contrer l'émergence de bactéries et microbes résistants. Leur addition dans l'alimentation des animaux est désormais autorisée uniquement sous prescription vétérinaire.

La segmentation des produits

Les crises sanitaires ont stimulé la segmentation des produits. Les démarches de qualité se sont développées en Bretagne au cours de ces dernières années. Elles peuvent être classées en quatre catégories :

- La charte interprofessionnelle Viande de Porc Française (VPF) apporte les garanties des produits d'origine française. Les animaux sont nés, élevés, abattus et transformés en France. Le cahier des charges VPF impose les prescriptions relatives au paquet hygiène. Les éleveurs référencés s'engagent à disposer d'un quai d'embarquement et doivent respecter les délais de mise à jeun de leurs animaux avant l'abattage. En 2010, 90% des éleveurs français ont adhéré à cette démarche [INAPORC, 2010]. En 2009, 97% des élevages bretons ont été référencés [CRP, 2010].

- Les Certificats de Conformité Produits (CCP), mis en place à partir de 1990, véhiculent des allégations supplémentaires à celles de la Charte VPF à travers des règles fixées dans un référentiel technique. On ne peut pas parler de qualité supérieure mais plutôt de qualité contrôlée par un organisme tiers, et régulière dans le temps [Mainsant, 2001]. Une alimentation avec 95% de produits végétaux est souvent invoquée dans les CCP en Bretagne. Trois mille élevages bretons sont engagés dans cette démarche en 2009 soit environ 50% des outils de production [CRP, 2010].
- Les cahiers des charges de la production d'animaux Label rouge et relevant de l'Agriculture Biologique (AB) imposent des contraintes supplémentaires portant sur les conditions de production, l'âge à la vente et le tri des carcasses. Ceux du Label rouge doivent satisfaire une notice technique validée par le Ministère de l'Agriculture. Elle définit des règles d'élevage et des caractéristiques minimales permettant d'obtenir une production de qualité supérieure. Il existe différents signes de production Label rouge : le porc Label rouge en claustration, le porc fermier sur paille ou courette et le porc fermier plein-air. La certification en mode de production biologique est reconnue officiellement en France depuis 1980 et l'appellation Agriculture Biologique (AB) apparaît en 1991 dans le règlement européen 2092/91. Les réglementations européennes et nationales sont remplacées au 1er janvier 2009 par un seul texte (834/2007). Les porcs relevant de l'agriculture biologique et Label rouge représentent 0,9% et 3,0% de la production porcine bretonne en 2008 [Calvar, 2009].
- Les démarches *Agriconfiance* et *Agriculture raisonnée* relèvent de la certification des systèmes d'élevage et/ou d'exploitation. Elles consistent en la mise en œuvre de moyens techniques et de pratiques agricoles conformes aux exigences d'un référentiel. En Bretagne, 802 élevages de porcs sont certifiés *Agriconfiance* en 2009 [CRP, 2010]. Les Plans de Développement Durable (PDD) en production porcine, instaurés en Bretagne par l'association Cohérence [Jaulin, 2000] ou par la Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor [Neveu, 1998], s'apparentent à des démarches de certification d'exploitations agricoles.

En 2010, la quasi-totalité des élevages bretons est référencée VPF et les CCP occupent une place de plus en plus importante. La demande de porcs sous appellation Agriculture biologique est de 13% supérieure à l'offre [Agence Bio, 2008 cité par Calvar, 2009]. Les acteurs de cette filière recherchent de nouveaux éleveurs. Ces derniers seront confrontés aux contraintes techniques de son cahier des charges, notamment l'obligation de couvrir les besoins nutritionnels des animaux et l'épandage des effluents sur des surfaces cultivées en Agriculture Biologique.

2.2.4 Améliorer les conditions d'élevage pour le bien-être des animaux

Les critères de qualité, de conditionnement et de divulgation des produits issus de l'élevage ont largement évolué au cours de ces dernières décennies. Un produit d'origine animale doit obéir à un certain nombre d'exigences hygiéniques. Il doit posséder certaines propriétés organoleptiques et avoir une valeur éthique

[Dantzer, 2001]. Les efforts portant sur le bien-être animal apparaissent ainsi indissociables de l'amélioration de la qualité, de l'image des produits et de la production. Depuis 1998, la directive 98/58/CE constitue le socle de l'arsenal réglementaire communautaire relatif à la protection des animaux dans les élevages. Elle fixe des règles générales sur les conditions d'hébergement, d'entretien des animaux et sur les méthodes d'élevage. En complément de cette réglementation, les directives 91/630/CEE, 2001/88/CE et 2001/93/CE définissent des normes spécifiques pour l'élevage des porcs. Les exigences contrôlées au titre de la conditionnalité portent sur l'état des bâtiments d'élevage, la prévention des blessures et des souffrances, les soins prodigués aux animaux malades ou blessés, etc.. Ces obligations, décrites dans cette section, seront reprises ultérieurement (Partie 5).

Les conditions de logement

Le renouvellement de l'air dans les bâtiments au moyen d'un système mécanique ou artificiel, les conditions de température et d'hygrométrie, l'éclairage naturel et/ou artificiel doivent être satisfaisants. Aucun bruit continu d'une intensité supérieure à 85 décibels ne doit être constaté.

Les truies et les cochettes ne sont pas attachées. Dans les bâtiments construits après 2003, les reproducteurs sont logés en groupe entre la 4ème semaine après la saillie et la semaine précédent la date prévue de mise bas sur une surface constituée d'un revêtement plein continu. Cette règle s'appliquera à l'ensemble des élevages à partir du 1er janvier 2013.

La semaine précédente celle de la mise bas, des matériaux de nidification doivent être mis à la disposition des truies, sauf si le système d'évacuation ou de récupération du lisier ne le permet pas. Les cases de maternité sont conçues de façon à laisser un espace libre à l'arrière des truies. Le sol est recouvert d'un revêtement ou de litière de paille afin de permettre à tous les porcelets de se reposer en même temps.

Les porcelets ne doivent pas être sevrés avant 28 jours d'âge sauf si le bien-être et la santé de la truie ou du porcelet exigent de les séparer. Dans ce cas, les porcelets sont transférés dans des locaux adaptés, séparés de ceux où les truies sont hébergées en lactation.

La prévention des blessures

Les sols ne sont pas glissants. Les porcs ont accès à des matériaux permettant des activités de recherche et de fouissage. Pour les reproducteurs, cette mesure n'est exigible que dans les bâtiments construits ou mis en service après 2003. Elle ne s'applique pas aux truies ni aux cochettes pendant la période où elles sont élevées en stalles individuelles.

La réduction des coins et des défenses est permise ainsi que la section partielle de la queue et la castration des porcs mâles. Ces trois opérations sont réalisées avant 7 jours d'âge par l'éleveur. Ce dernier a recours à des mesures préventives avant de procéder à la caudectomie. Elle est pratiquée de façon systématique si des preuves évidentes de sa nécessité l'exigent. Il en est de même pour la réduction

des coins. La castration est pratiquée sans déchirement des tissus. Au delà de 7 jours d'âge, ces opérations sont réalisées par un vétérinaire sous anesthésie.

Des soins appropriés sont apportés aux animaux malades. Les exploitations disposent d'un local ou d'un système d'isolement. Dans les bâtiments construits ou mis en service après 2003, le lieu d'isolement des animaux malades ou blessés permet aux porcs de se retourner.

L'alimentation et l'abreuvement

Les dispositifs d'alimentation et d'abreuvement ne doivent pas être souillés par des déjections. Ils limitent la compétition entre les animaux et couvrent leurs besoins physiologiques. Quotidiennement, les animaux reçoivent un seul repas. Tous les porcs de plus de deux semaines accèdent en permanence à de l'eau. Afin d'apaiser leur faim et la nécessité de mastiquer, les truies gestantes reçoivent une quantité suffisante d'aliments volumineux ou riches en fibres et des aliments à haute teneur énergétique.

L'Union Européenne a annoncé en janvier 2006 l'adoption d'un plan d'action destiné à améliorer la protection et le bien-être des animaux. Celui-ci comporte une série de mesures touchant à l'activité agricole, à la protection internationale des animaux et des efforts de recherche visant à développer des solutions de substitution à l'expérimentation animale. L'introduction progressive d'indicateurs de bien-être normalisés, tels ceux issus du projet Welfare Quality [2009], est explicitement mentionnée. L'Union et l'Organisation Mondiale de la Santé animale (OIE) se sont engagées à plaider une plus grande prise en compte du bien-être animal.

2.3 Un secteur toujours en crise

Malgré l'amélioration de la productivité, la réorganisation continue de la filière et l'évolution significative des pratiques d'élevage, ce secteur d'activité demeure en crise. La filière porcine bretonne n'est pas suffisamment organisée pour peser sur les marchés internationaux [Trégaro, 2010]. Les élevages sont de taille modeste. Ils sont confrontés à des cours du porc qui ne leur permettent pas de faire face aux investissements imposés par les nouvelles réglementations. Enfin, les problèmes d'environnement persistent et des dispositions actées ou émergentes pourraient les fragiliser un peu plus. Nous tenterons dans ce chapitre de dresser l'état des lieux d'un secteur d'activité en proie au doute. Il soulève la question de la place de la recherche dans l'émergence d'un nouveau modèle de développement en production porcine. Nous tenterons de répondre à cette question dans la partie 4.

2.3.1 Un marché fortement concurrencé

Dans un contexte de surproduction et de stagnation de la consommation en France (34,4 kg par habitant et par an) [IFIP, 2010], les exploitations porcines françaises sont confrontées à des exigences de compétitivité. En effet, une fois l'autosuffisance alimentaire atteinte, le développement d'un modèle productiviste nécessite un élargissement des débouchés, notamment sur des marchés internationaux exigeants. Si l'amélioration de la productivité des élevages et les économies d'échelle ont permis de faire face à la diminution des prix perçus par

les éleveurs, la filière porcine bretonne est confrontée à une concurrence de plus en plus vive.

Un marché européen de plus en plus ouvert

Les accords du GATT (Uruguay round) mis en œuvre à partir de 1995 sous l'égide de l'OMC ont eu peu d'impact sur les filières porcines européennes [Trégaro et Djaout, 2009] :

- Les importations en provenance des pays tiers sont restées très faibles (39000 tonnes d'équivalent carcasse en 2007, 0,2% de la consommation) malgré l'adhésion des Pays de l'Est à l'Union Européenne en mai 2004 et en janvier 2007. Le faible niveau des importations tient à la protection tarifaire aux frontières de l'Union et aux contraintes sanitaires. Elles limitent l'accès au marché communautaire des produits en provenance de nombreux pays.
- Les exportations avec restitution vers les Pays tiers sont limitées par l'introduction de contingents en volume et en valeur. Associées aux opérations de stockage privé sur des périodes ciblées, elles ont permis de limiter efficacement la durée et l'importance des crises sur le marché européen du porc lors des périodes de surproduction comme ce fut le cas en 1994.

Depuis 2000, l'Union Européenne est de plus en plus confrontée à la concurrence internationale :

- Le Canada, les Etats-Unis et le Brésil sont très actifs sur les marchés d'exportation grâce à des coûts de production inférieurs à ceux de l'Europe [Marouby, 2006] : 1,10 euros par kg de carcasse aux Etats-Unis et au Canada, 0,74 euro au Brésil et en moyenne 1,32 euros en France entre 2000 et 2004.
- Le cycle de négociations sur la libéralisation des échanges internationaux amorcé en 2001 (Doha round) risque de conduire au démantèlement des restitutions et à la plupart des autres formes d'aides à l'exportation d'ici la fin de l'année 2013 [Trégaro et Djaout, 2009]. Conjointement, d'après ces auteurs, les droits de douanes pourraient être réduits de 56%. Notons toutefois que les négociations du cycle de Doha paraissent pour le moment en panne.
- La compétitivité sur les marchés mondiaux se traduit aussi en aval de l'élevage. Plusieurs grands groupes américains et brésiliens du secteur de la viande se sont implantés dans l'Union Européenne par des investissements dans le secteur de la transformation [Trégaro et Djaout, 2009]. Ces auteurs montrent également que les importations européennes en provenance des Etats-Unis ont augmenté (+67% en 2007, soit 9 000 tonnes), établissant des liens privilégiés entre les zones de production sur le continent américain et celles de la transformation en Europe, annonçant peut-être une nouvelle donne pour la filière.

Une restructuration des filières en Europe centrale

Ce changement de contexte économique entraîne de nouveaux choix stratégiques pour l'ensemble des opérateurs. Ils sont à l'origine de fortes restructurations des

industriels de l'abattage, de la découpe et de la transformation. Ainsi, la coopérative danoise Danish Crown (21 millions de porcs abattus par an en 2007) et le Groupe néerlandais Vion (18 millions de porcs abattus par an) deviennent de grands groupes européens transnationaux [Trégaro et Djaout, 2009]. Ces deux entités atteignent une taille proche des américains Smithfield Foods (27 millions de porcs abattus par an) ou Tyson (19 millions de porcs abattus par an). Ils ont acquis des positions fortes dans le nord de l'Europe et sont en mesure de répondre à des appels d'offres couvrant plusieurs pays européens.

A l'opposé, les opérateurs français restent des entreprises de niveau national, Le processus de concentration des opérateurs en aval de la filière est lent. Il a démarré avec du retard comparativement à d'autres de l'Union Européenne. Les groupes *Bigard-Socopa* et *Cooperl-Arca* (respectivement 5 et 6 millions de porcs abattus annuellement) occupent désormais la cinquième et sixième place européenne essentiellement dans l'ouest de la France et en retrait de leurs concurrents. N'ayant pas atteint une taille permettant d'engager de véritables stratégies européennes pour créer un groupe de stature internationale, les leaders français se sont éloignés du marché européen qui s'est déplacé vers l'est avec les derniers élargissements de l'Union. Leur activité est excentrée par rapport aux nouveaux marchés de l'est [Trégaro et Djaout, 2010]. Contrairement au danois et néerlandais, le maillon abattage-découpe français est relativement atomisé et encore peu impliqué dans la transformation [Trégaro, 2009].

Des distorsions de concurrence au sein de l'Union Européenne

L'agriculture allemande bénéficie d'un système de Taxes sur les Valeurs Ajoutées (TVA) dit forfaitaire dont l'effet est d'exonérer les producteurs du reversement de l'excédent de TVA perçue [Rieu, 2010]. Son taux sur les ventes est de 10,7% et de 7,0% sur les achats d'intrants. Ainsi, cet écart de taux peut être assimilé à une subvention estimée à 1,5% du chiffre d'affaire des exploitations agricoles. Cela représente une distorsion de concurrence de 4 euros par porc entre la France et l'Allemagne.

Les abattoirs et les ateliers de découpe allemands emploient des travailleurs d'Europe centrale. Ils restent salariés d'entreprises de leur pays d'origine avec des contrats tarifiant l'heure de travail à 12 euros, elle est de 18 euros en France. Ces écarts de coûts de main-d'œuvre entraînent une distorsion de concurrence estimée à 5 euros par porc [Serre, 2010].

Par l'acquisition en 2003 et 2005 des opérateurs allemands d'abattage et de découpe Nordfleisch et Sudfleisch, le groupe néerlandais Vion externalise partiellement l'abattage de ses porcs charcutiers en Allemagne, profitant ainsi de coûts de main-d'œuvre préférentiels. Le leader danois Danish Crown tente actuellement d'en faire autant [Trégaro et Djaout, 2009] et d'externaliser une partie de l'engraissement de ses animaux [Roguet *et al.*, 2007 ; van Meer, 2010]. A terme, des élevages de 1 000 à 5 000 truies spécialisés dans la production de porcelets vont être créés au Danemark et une partie des animaux serait ensuite dirigée en Allemagne pour engraissement. Ces exportations représenteraient le tiers des 29 millions de porcelets sevrés annuellement et limiteraient la pression de l'élevage danois sur l'environnement.

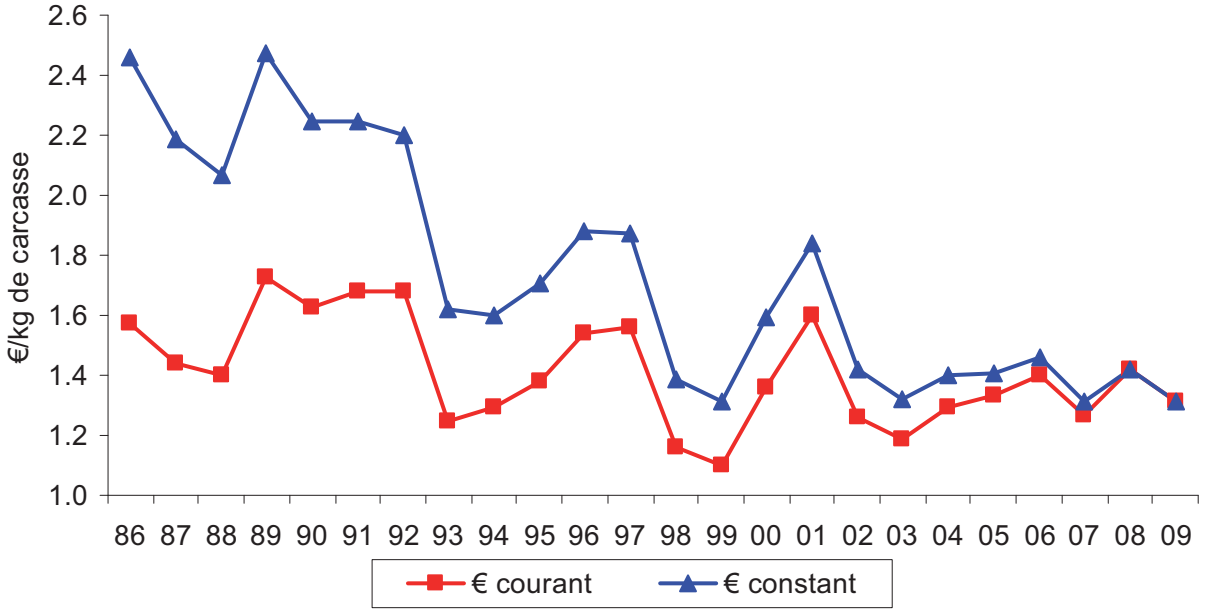
2.3.2 Un modèle de développement toujours contesté

Au cours de ces deux dernières années, trois évènements significatifs soulignent à quel point la question de l'environnement suscite des controverses en Bretagne. Plus que la production porcine, le modèle de développement initié par les pouvoirs publics au début des années 1960 est régulièrement remis en cause :

- Après la mort d'un cheval et le malaise de son cavalier sur une plage des Côtes d'Armor à Plestin les Grèves le 28 juillet 2009, la prolifération des algues vertes sont à nouveau la source de polémiques. Dans une note confidentielle datée du 4 septembre 2009 et publiée sur les sites internet de Ouest-France et du Télégramme à l'adresse du Premier Ministre, du Ministre de l'intérieur et de la Secrétaire d'Etat à l'écologie, le Préfet des Côtes d'Armor évoque la responsabilité des agriculteurs. *La diminution visible et notable de ce phénomène ne pourra passer que par un changement profond des pratiques agricoles sur les secteurs concernés*, ajoutant *que la profession agricole n'est pas prête à accepter pour le moment*. Pour le préfet, il faut désormais *révolutionner ce secteur* (...), *les pratiques agricoles et changer complètement le modèle économique existant*. *Cette évolution n'est pas envisageable pour le moment, le phénomène des algues vertes ne peut donc que perdurer*. Il évoque même *l'arrêt total de l'agriculture* dans la zone concernée. Dans sa missive, il appelle également à la responsabilité de l'Etat *afin d'éviter qu'*il *soit de nouveau mis en cause* - il a été condamné par le tribunal administratif en 2007 - *et pour obtenir des résultats en la matière, il importe néanmoins d'afficher une politique volontariste pérenne* [Martin, 2009].
- En juin 2010, un amendement destiné à assouplir les démarches d'autorisation des élevages a fait largement débat. Jugé inacceptable par l'opposition politique et par les environnementalistes, la volonté de simplifier les procédures administratives - souvent alambiquées - n'est pourtant pas nouvelle. Elle est évoquée dès 2004 dans le rapport Porry [Guibé *et al.*, 2004].
- Enfin, la campagne d'affichage de France Nature et Environnement (FNE) lancée le 15 février 2011 dans le métro parisien à l'occasion du salon de l'agriculture montre à quel point la question de l'environnement reste un sujet sensible en Bretagne [Corre, 2011]. Les affiches choc de cette campagne font référence, entre-autres, au développement des algues vertes sur le littoral breton et pointent du doigt *l'élevage industriel des porcs* (*sic*). En jetant l'opprobre sur ce secteur d'activité, c'est l'ensemble de la région qui s'en trouve pénalisé.

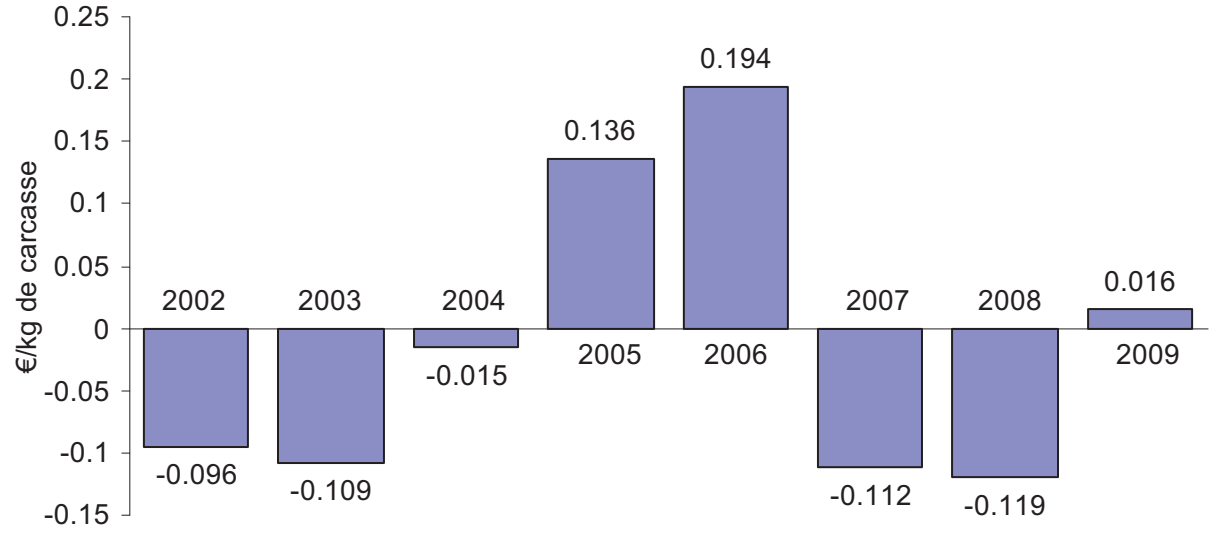
Dans son rapport annuel publié le 9 février 2010, la Cour des comptes accuse à nouveau l'Etat de manquer de détermination face a la pollution des eaux par l'agriculture, exposant la France à de lourdes pénalités financières. Elle rappelle que la France s'est engagée à réduire la présence de nitrates dans les eaux destinées à la consommation, avec l'obligation de retrouver en 2015 son état écologique et chimique satisfaisant. Elle souligne *le bilan décevant de la politique de l'eau, la méconnaissance par la France des objectifs communautaires, l'action répressive insuffisante* et *le manquement à ses engagements européens en la*

Figure 2.3 - Evolution du prix du porc.



CER France Côtes-d'Armor [2010]

Figure 2.4 - Solde entre le prix payé et le coût de revient.



CER France Côtes-d'Armor [2010]

matière. L'Etat *peine encore (...) à traiter de front la question des pollutions diffuses agricoles.* Elle l'appelle à *adopter une politique plus volontariste* et à *accentuer la répression des infractions pour lutter contre la pollution.*

Enfin, les projets de constructions et d'extensions d'élevages sur caillebotis sont parfois mal compris de l'opinion et génèrent des conflits sociaux entre les éleveurs et les citoyens [Petit et van der Werf, 2003]. Le projet de construction d'une maternité collective à Trébrivan dans les Côtes d'Armor illustre parfaitement ce constat [Louédoc, 2009]. Les allégations relatives aux nuisances olfactives, aux risques de pollution ainsi qu'aux conditions de vie inappropriées des animaux ont généré le développement d'un vaste mouvement anti-élevage industriel. Le caillebotis et le lisier se trouvent au centre des controverses. Singulièrement, le porc est la première viande consommée en France et les produits transformés renvoient des images positives de savoir-faire traditionnels et de typicité [Gourmelen *et al.*, 2006]. Par contre, l'opinion publique considère l'élevage de porcs sur litière comme une alternative au mode de production sur caillebotis. Il apparaît comme bucolique, laisse une perception de bien-être pour les animaux et génère moins d'odeurs [Pouliot *et al.*, 2006].

2.3.3 Des situations financières tendues

La production porcine s'inscrit désormais dans une économie globale. La pression concurrentielle sur le marché français est forte depuis quelques années. Elle pèse sur les prix payés aux producteurs. Depuis 2002, les prix sont bas et varient peu (autour de 1,38 euros par kg de carcasse, figure 2.3). En 2007 et 2008, le solde entre le prix payé et le coût de revient est négatif [Douguet, 2010] (Figure 2.4). Il se situe à 0,016 euro par kg de carcasse en 2009. La situation financière des élevages se dégrade : 19% des élevages costarmoricains ont un taux d'endettement supérieur à 100% au début de l'année 2009. L'endettement à court terme est de 690 euros par truie en moyenne. Il faudrait se situer à 400 euros par truie. Dans ces conditions, les emprunts augmentent et les investissements diminuent. Les éleveurs les plus endettés auront beaucoup de difficulté à faire face aux nouveaux investissements. En Bretagne, 12% des éleveurs devraient disparaître rapidement [Limantour, 2010].

Cette crise n'épargne pas les éleveurs engagés vers la production de porcs Label rouge. Entre 2007 et 2008, le nombre de ces éleveurs a diminué de 30% [Calvar, 2009]. Plus coûteux à produire, la viande de porcs Label rouge n'est pas différente sur le plan sensoriel de la viande VPF ou bénéficiant d'un Certificat de Conformité de Produit [Legendre, 2008]. Par ailleurs, la réglementation rend obligatoire depuis 2006 la commercialisation de produits transformés Label rouge à partir d'animaux eux-mêmes élevés dans les conditions édictées par les cahiers des charges Label rouge. Le débouché étant essentiellement celui du jambon cuit, le surcoût de production est supporté dans son intégralité par les 21 kg de jambon de la carcasse. Certains transformateurs ont cessé leur production, d'autres l'ont diminuée de manière importante [Gérard, 2007].

Aller dans le sens du développement durable revient à modifier ses façons de produire et ses pratiques. Ces changements ont un coût qui est perçu comme contradictoire avec la viabilité économique des exploitations [Loyat, 2005]. Les

coûts sont estimés entre 10 et 15 centimes d'euros par kg de carcasse [Marouby, 2006]. Les charges relatives à la protection de l'environnement, aux exigences de traçabilité et à la sécurité sanitaire représentent respectivement 50%, 30% et 18% de ce total. Même si les dispositions sur le bien-être ont une incidence plus réduite (entre 0,57 et 1,30 centimes d'euros par kg de carcasse) [Gourmelin *et al.*, 2006], l'interdiction du confinement des truies gestantes, le respect des tailles minimales des enclos, l'accès à des matériaux de fouissage, etc. nécessitent de réaménager et réorganiser profondément les élevages avant le 1er janvier 2013. De nombreux éleveurs bretons n'ont pas les moyens financiers d'appliquer cette nouvelle contrainte réglementaire. A ce jour, seules 30% des truies sont élevées en groupe en France. La mise aux normes bien-être de tous les élevages au 1er janvier 2013 apparaît compromis et aucun report de cette date n'est évoqué pour le moment. L'engagement des éleveurs pour répondre à cette obligation est variable selon les pays de l'Union Européenne : 60 à 75% des truies seraient déjà conduites en liberté au Danemark [Roguet *et al.*, 2010 ; Bourguignon, 2010]. Le respect de cette réglementation par certains pays européens pourrait engendrer une nouvelle distorsion de concurrence.

2.3.4 L'avènement de nouvelles préoccupations sanitaires

La problématique relative aux salmonelles s'est considérablement amplifiée au cours de ces dernières années. Les salmonelles sont responsables de toxi-infections [Haeghebaert, *et al.*, 2002] se traduisant par des gastro-entérites graves chez les enfants, les personnes âgées et les malades dont l'immunité est affaiblie. Les salmonelloses constituent un problème de santé publique, particulièrement dans les pays du nord de l'Europe :

- Elles correspondent d'une part au développement de souches de bactéries résistantes à une série d'antimicrobiens, comprenant des agents thérapeutiques majeurs en médecine humaine. Soucieux de la résistance que pourraient développer ces bactéries à l'égard des anti-infectieux, le monde médical s'interroge sur les modalités d'utilisation des antibiotiques en élevage [Parveen *et al.*, 2006 cités par Anonyme, 2008a] dont les volumes commercialisés progressent régulièrement. Une étude conduite par l'ANSES sur les ventes de médicaments vétérinaires montre que la quantité d'antibiotiques administrée aux animaux a augmenté en France entre 1998 et 2007 de 13,4% et que 52% des volumes commercialisés sont consommés par les porcins [Chevance et Moulin, 2009].
- D'autre part, la reconnaissance de la multiplication des risques d'intoxications dans les processus de fabrication agro-industrielle est acceptée. Les viandes et les produits de charcuterie peuvent en effet être à l'origine de ces intoxications [Corrégé *et al.*, 2009]. La contamination de ces produits peut être liée au portage asymptotique de *Salmonella enterica* par les porcs en élevage [Borch *et al.*, 1996].

Les autorités européennes ont décidé de reporter de 2009 à 2012 la mise en place des programmes de contrôle des salmonelles dans la filière porcine [Corrégé *et al.*, 2009]. Les résultats d'une enquête diligentée en 2008 par l'Union Européenne montrent qu'il faut rechercher des moyens pour les maîtriser [EFSA, 2008]. Certains pays comme le Danemark, l'Allemagne et la Suède ont déjà pris des

mesures pour lutter contre cette bactérie. A ce titre, le plan de contrôle mis en place au Danemark à partir de 1993 offre à ses éleveurs l'accès à certains marchés mondiaux fermés à la plupart des autres pays [Gérard, 2005].

2.3.5 Les réformes des politiques agricoles

Le bilan de santé de la Politique agricole commune réalisé par le commissaire européen à l'agriculture a permis en 2008 d'établir un état des lieux des politiques en place [Chatelier et Guyomard, 2010]. Il souligne la nécessité de rendre l'agriculture plus compétitive pour diminuer son poids dans le budget qui représente 46% des dépenses annuelles de l'Union, soit 50 milliards d'euros par an en 2005. Il montre également que les mesures agro-environnementales et les effets de la politique de développement rural tardent à prouver leur efficacité. Conjointement, un groupe d'économistes a publié en 2009 une déclaration sur l'avenir de la PAC et mentionne que le soutien des revenus agricoles ne constitue pas une politique sociale satisfaisante. Il propose de limiter les aides de l'Union Européenne au soutien des biens publics. Les agriculteurs devraient recevoir des subsides de l'Union que lorsqu'ils protègent le climat, préservent la biodiversité et rendent service à la Société [Zahrnt *et al.*, 2009].

La prochaine réforme de la PAC, programmée en 2013, pourrait conduire l'agriculture française vers un nouveau modèle de développement. Le potentiel productif de l'Union étant suffisant, la stimulation de la production pour assurer la sécurité alimentaire n'est plus une nécessité. Cette nouvelle réforme devrait conduire l'agriculture européenne vers un secteur économique banal ouvert à la concurrence.

Estimant que les subventions versées par les pays riches à leurs agriculteurs faussent la concurrence internationale, les pays en développement, dont le Brésil, exigent la fin de ces aides. L'Union Européenne a demandé et obtenu un répit de trois ans. Un texte de compromis fixe donc à 2013 leurs suppressions. Il propose également de supprimer certaines barrières commerciales dans les domaines de l'industrie et des services. Le sommet de Hong Kong de 2005 permet à l'OMC de sortir de l'impasse où elle se trouvait depuis l'échec du sommet de Cancun en 2003. A ce sommet, les pays pauvres et les pays riches n'étaient pas parvenus à se mettre d'accord. Le cycle de négociations entamé à Doha en 2001 est relancé. Conjointement, les Etats qui vont présider l'Union Européenne entendent mettre les agriculteurs au service du développement durable et d'une alimentation saine et raisonnée. On peut cependant légitimement douter que les choses se débloquent rapidement.

La Loi de Modernisation Agricole ou LMA (2010-874) de 2010 entend préparer l'agriculture française à la nouvelle réforme de la PAC de 2013 et à la libéralisation accrue des marchés. Un contrat écrit entre les agriculteurs et les acheteurs fixant un volume de production et un prix doit être mis en place pour une durée de 5 ans. Cela devrait les protéger des variations brutales des cours et stabiliser leur revenu. Pour améliorer la compétitivité du secteur et renforcer leur poids face aux industriels de l'agro-alimentaire et à la grande distribution, le projet vise à accentuer le rôle des organisations de producteurs et des interprofessions. Pour renforcer la sécurité alimentaire, la LMA met l'accent sur la traçabilité des

produits. Les objectifs de diversification et de recherche de qualité sont privilégiés. La volonté de lutter contre le gaspillage des terres agricoles est réaffirmée. Un amendement voté à l'Assemblée nationale au cours de l'année 2010 simplifie les procédures de regroupements et de modernisation des élevages. Ce texte devrait permettre notamment d'exonérer d'enquête publique et d'étude d'impact les regroupements et les modernisations des élevages dès lors qu'ils ne s'accompagnent pas d'augmentation sensible de leur capacité de production ou d'effet notable sur l'environnement.

La LMA s'ajoute à la Loi de Modernisation de l'Economie ou LME adoptée en 2008 (2008/2008-776). Son objectif est de relancer la consommation par une baisse des prix en faveur des acheteurs. En instaurant la libre négociabilité des tarifs et des conditions de vente, elle permet de réduire les délais de paiement entre les entreprises et de baisser les prix dans les grandes surfaces de 0,2% entre mars 2009 et mars 2010 [Ollier et Gaubert, 2010]. Les marges arrières, ou ristournes que les distributeurs obtiennent auprès des fournisseurs au titre de la coopération commerciale, représentent 10% du prix de vente contre 30% auparavant. Si la LME a eu un effet bénéfique pour les consommateurs, elle contribue en revanche à augmenter la pression des cinq ou six grandes centrales d'achat sur les fournisseurs [Le Gall, 2010], dont les agriculteurs.

Pour atteindre la vérité, il faut une fois dans la vie se défaire de toutes les opinions qu'on a reçues, et reconstruire de nouveau tout le système de ses connaissances.

[René Descartes,
Sciences]

Avoir un système borne son horizon ; n'en avoir pas est impossible. Le mieux est d'en posséder plusieurs.

[Raymond Queneau,
S*on Journal*]

3 La place de la recherche dans le développement des modèles d'élevage

Les questions d'élevage ont profondément évolué au cours de ces dernières décennies : *de produire plus pour nourrir le pays et pour assurer la rentabilité de l'activité*, on est passé à des questionnements : *produire pour un développement durable des territoires* [Dedieu *et al.*, 2008] et *produire plus et mieux avec moins* [Griffon, 2010]. Ces mutations ont suscité de nouvelles approches méthodologiques. Reprises ultérieurement dans ce travail de thèse, elles permettent de mieux comprendre le fonctionnement des systèmes d'élevage et d'exploitation. Mais avant de les présenter, nous exposerons dans cette partie pourquoi et comment la recherche fondamentale et appliquée a favorisé le développement d'un modèle unique d'élevage en Bretagne. La station porcine de *Crécom,* outil de recherche construit en 1975 et en fonctionnement jusqu'en 2003, était un des symboles de ce modèle. Puis nous expliquerons en quoi les approches traditionnelles de recherche appliquée sont insuffisantes pour répondre aux nouvelles problématiques d'élevage.

3.1 De la démarche analytique à la systémique

En 1950, l'élevage représente le secteur le plus arriéré d'une agriculture dont la modernisation est devenue une priorité nationale [Servolin, 1989]. La France est un pays sous-développé en matière de connaissances et de recherches zootechniques. Elle a plusieurs décennies de retard sur la Grande Bretagne, qui dispose d'une demi-douzaine de centres de recherche spécialisés [Jarrige, 1986]. La création d'un secteur des productions animales sera une des tâches assignées à l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Créé par la loi du 18 mai 1946 (46-1086), cet établissement public doté de la personnalité civile et placé sous la haute autorité du Ministre de l'agriculture pilote les activités de recherche. Le partage institutionnel des tâches entre la recherche, l'enseignement et le développement est d'une remarquable efficacité [Février, 1986]. Durant près de trente années, nous verrons dans ce chapitre que les structures intéressées contribuent en complémentarité au mouvement de modernisation. La profession agricole se dote d'outils expérimentaux lui permettant de tester des techniques pour accroître la production. Les moyens sont bientôt connus et les conditions réunies. L'Etat puis la Communauté Economique Européenne assurent la régulation des grands marchés. La station porcine de *Crécom* naît dans ce contexte. Mais les fondements de ce modèle s'effritent par saturation progressive des principaux marchés agricoles.

3.1.1 La restauration scientifique des *trente glorieuses* (1950 – 1980)

Jusqu'aux années 80, la recherche et le développement ont eu pour principale mission d'aider les agriculteurs à augmenter leur production par la mise au point de techniques puis de leur diffusion. Le modèle reposant sur l'intensification de la production facilite l'organisation des rapports entre la recherche, l'enseignement et le développement. Les connaissances scientifiques produites par les chercheurs sont diffusées par l'enseignement supérieur agricole. Elles sont valorisées par la mise au point de modèles techniques normatifs en collaboration avec l'appareil d'encadrement des filières. Elles sont ensuite vulgarisées par différents canaux, et logiquement par l'enseignement technique agricole [Servolin, 1989].

L'assemblage de technologies de chaque discipline à l'échelle des systèmes de production ne soulève pas de problème particulier. L'optimisation globale tend vers la maximisation de l'efficacité productive des grandes fonctions biologiques de la machine animale [Landais et Bonnemaire, 1996] ou du matériel biologique [Marshall *et al.*, 1994]. Ce résultat est recherché au travers d'un modèle technico-économique caractérisé par une intensification constante de l'utilisation du travail et de la terre. Il repose sur le recours croissant aux intrants, l'artificialisation du milieu et la mécanisation.

Les innovations techniques trouvent un intérêt économique direct grâce à la garantie des prix et des débouchés. La demande sociale est prise en compte au travers du paradigme socio-économique faisant l'objet d'un large consensus au début des années 60, inspirant la doctrine productiviste, la politique des structures, les marchés communautaires et l'organisation de l'appareil de développement.

3.1.2 Une *recherche appliquée* au plus près des éleveurs

La loi sur l'élevage du 28 décembre 1966 (66-1005) assigne aux EDE un double objectif :

- Améliorer la qualité et la productivité du cheptel par l'identification des animaux, par l'enregistrement des informations concernant les sujets inscrits à un livre généalogique et les productions des animaux soumis à un contrôle de performances.
- Orienter, coordonner, contrôler et exécuter les actions collectives de développement des élevages par des actions de recherche appliquée permettant l'obtention de références techniques utilisables dans la pratique.

Cette loi se situe dans un contexte d'organisation de l'agriculture. Par la mise en œuvre de mesures et leur exploitation en vue de l'élaboration de références techniques et économiques, les actions de recherche permettent d'orienter les éleveurs dans leurs choix stratégiques. Ce niveau d'investigation professionnelle entend être au plus près des problèmes des éleveurs [Garrigues, 1974]. L'Etablissement Départemental de l'Elevage est ainsi considéré comme un bureau d'études au service des agriculteurs et de leurs organisations [Golven, 1974]. Sa mission est d'autant plus importante que l'absence de référence laisse le champ libre à des conseils technico-commerciaux.

Les études à entreprendre pour mettre au point de nouvelles techniques de production à risques et/ou générant des investissements font l'objet d'investigations dans des stations ou des fermes expérimentales par des ingénieurs d'études des EDE. Ces derniers ont des connaissances de terrain et mènent souvent leurs activités de recherche en partenariat avec les instituts et les organisations professionnelles agricoles (groupements de producteurs, fabricants d'aliments du bétail, etc.). Les nouvelles techniques mises au point sont ensuite diffusées auprès des agriculteurs via les CETA et les GVA animés par des agents de développement eux mêmes rattachés aux Chambres d'agriculture.

Des actions de recherche sont également conduites par les groupements de producteurs et les coopératives. Certains d'entre eux se dotent même d'outils expérimentaux.

3.1.3 Un outil expérimental de recherche appliquée : La station porcine de *Crécom*

Le développement de la production porcine dans les Côtes d'Armor au début des années 1970, stimulé par le plan de rationalisation, conduit les responsables professionnels de l'Etablissement Départemental de l'Elevage de ce département à concevoir en 1975 un élevage de porcs expérimental sur une exploitation agricole située au lieu dit *Crécom*, sur la commune de Saint-Nicolas du Pélem [Latimier, 1975]. Elle est la propriété du Conseil Général des Côtes d'Armor. Le canton est largement occupé par des exploitations bovines. La contribution des élevages de porcs à la production d'azote d'origine organique est très faible. Le premier élevage à proximité du site d'installation de cette station se situe à 4 km. Les orientations de cette station expérimentale sont évoquées dans cette section.

Les missions de la station porcine de Crécom

Les missions de cet outil, dont le montant d'investissement s'élève à 1,6 millions de francs, sont énoncées dans un article de la revue de l'EDE des Côtes d'Armor *Elevage rentabilité* du mois d'avril 1975. Elles s'inscrivent largement dans les politiques et orientations agricoles de la Bretagne en matière d'élevage, sa place représentant 90% de la production agricole finale contre 60% en France [Mahé, 1975] :

- Mettre en perspective l'intérêt de la conduite des élevages en 7 bandes de truies, avec un intervalle de trois semaines entre deux bandes.
- Tester et apprécier le coût d'exploitation d'équipements d'élevage comme les systèmes de chauffage, de renouvellement de l'air dans les salles, d'abreuvement et d'alimentation des animaux, etc.
- Expérimenter de nouvelles techniques d'alimentation et de conduite d'élevage en collaboration avec des organismes de recherche, à la demande des éleveurs et des techniciens chargés de développement.
- Etre un lieu de formation pour les éleveurs et les techniciens des organisations économiques.

Les innovations techniques sont testées par des plans factoriels [Dagnelie, 1993] et utilisent des indicateurs simples comme le Gain Moyen Quotidien (GMQ), l'Indice de Consommation (IC) ou le coût de l'alimentation. Elles permettent de répondre à des questions élémentaires : Quel est le niveau optimum d'un facteur ? La principale attente des expériences est une fonction de production représentée par un classement de plusieurs objets ou une courbe de réponses en fonction du niveau du facteur [Reau *et al.*, 1996].

Un élevage de taille conséquente conduit en bandes

L'atelier est conçu pour accueillir 112 truies productives (135 truies présentes) réparties dans 7 bandes de 16 truies avec un sevrage régulier toutes les trois semaines et l'engraissement de la totalité des porcs charcutiers. Mis en place pour la première fois en 1967 par un éleveur des Côtes d'Armor travaillant en CETA, et

vulgarisée par un agent de développement de l'EDE, la conduite en bandes permet de planifier la production et facilite la surveillance des animaux [Menguy, 1969]. Elle est adoptée uniquement par 25% des éleveurs en 1977 [Le Borgne, 1978].

Le nombre de truies en production de la station est dicté par des impératifs expérimentaux et par la taille des élevages en Bretagne qui a tendance à augmenter au cours de cette décennie. L'outil est peuplé avec des animaux de race *Large White* d'un haut niveau sanitaire. Le troupeau est en auto-renouvellement. Une fabrique d'aliments est annexée à l'élevage pour assurer une meilleure maîtrise des caractéristiques nutritionnelles de la nourriture distribuée aux animaux, plus particulièrement dans le cadre des expérimentations.

A l'époque, une conception novatrice

L'élevage construit en 1975 est clos et son accès soumis à des règles sanitaires drastiques. Les porcs sont majoritairement élevés sur caillebotis intégral. Tous les bâtiments sont isolés thermiquement et disposent d'un système automatique de renouvellement de l'air. Les salles de maternité et de post-sevrage sont équipées d'un dispositif de chauffage. Les truies sont conduites en groupes en verraterie. Une fois confirmées pleines, elles sont maintenues attachées dans des stalles individuelles jusqu'au sevrage.

Des racleurs à plat sont installés sous les caillebotis pour assurer l'évacuation des déjections du bloc verraterie et gestante. En post-sevrage et en maternité, le lisier est stocké sous les caillebotis dans des pré-fosses vidées lors de chaque vide sanitaire. En engraissement, des pré-fosses d'une hauteur de 1,70 m situées sous les caillebotis permettent de stocker le lisier de plusieurs bandes successives. Les animaux en engraissement reçoivent des repas sous forme de soupe préparés et distribués séquentiellement par un automate.

Ce dispositif expérimental est complété en 1980 par un centre d'exposition et de testage des bâtiments. Ce dernier est créé par la Chambre d'agriculture du Finistère à la ferme de *Trévarez* au lieu dit *Guernévez* [Menguy, 1981]. Les coûts de construction et de fonctionnement de différents modèles de bâtiments sont chiffrés et leurs conditions d'utilisation étudiées.

Les travaux de recherche appliquée

L'amélioration des conditions de travail, de la productivité des animaux et de la main-d'œuvre oriente la conception de cet outil. De nombreuses innovations techniques sont développées et prennent corps au fil du temps : conduites des lots d'animaux en bandes et des salles d'élevage en tout/plein et tout/vide, salles transversales indépendantes, caillebotis intégral, ventilation dynamique, mécanisation de la distribution d'aliments, etc. Toutes ces applications, désormais classiques, sont à l'époque des idées novatrices.

Au cours des premières années de fonctionnement, l'essentiel des travaux de recherche concerne la maîtrise de l'ambiance. Puis, à partir du début des années 1980, suite à la construction de la station expérimentale de *Guernévez* dans le Finistère et aux partages des missions entre ces deux outils expérimentaux, les investigations sont orientées vers l'alimentation et l'amélioration des performances

des porcs en croissance. Les études, conduites en partenariat avec des spécialistes des Instituts de recherche scientifique et technique, répondent aux préoccupations des éleveurs du département des Côtes d'Armor dont l'objectif principal est d'améliorer la productivité de leurs outils. Ainsi, l'essentiel des articles rédigés entre 1967 et 1992 dans la revue de l'EDE des Côtes d'Armor *Elevage rentabilité* met en exergue ces préoccupations : 92% des articles concernent l'amélioration des performances animales pour seulement 1% traitant l'impact de l'élevage sur l'environnement.

Les réformes de la PAC de 1992 et de 1999 font apparaître de nouvelles préoccupations. La protection environnementale, la réduction des dépenses de santé, l'amélioration des conditions de travail et la qualité des produits accélèrent la demande de conception et d'évaluation de nouvelles façons de produire. Les travaux de recherche à *Crécom* intègrent ces nouvelles thématiques. Leur prise en considération dans les programmes d'études est d'autant plus importante qu'elle conditionne la participation du Conseil Régional au financement des coûts de fonctionnement des outils expérimentaux. La réduction des rejets en azote, en phosphore, en cuivre et en zinc des porcs en croissance a fait l'objet de nombreuses investigations. Elles contribueront à la définition de nouvelles recommandations nutritionnelles établies par le *Corpen* en 1996 puis en 2003. L'amélioration de la qualité de la viande et du bien-être des animaux fait également l'objet d'études. Le nombre d'écrits relatif à ces enjeux parus dans *Elevage rentabilité* et *Atout porc Bretagne* entre 1992 et 2000 atteste la prise en considération de ces nouvelles problématiques d'élevage dans les recherches conduites par les Chambres d'agriculture de Bretagne : 20% des articles rédigés dans ces revues au cours de cette période font apparaître ces nouveaux enjeux.

Les résultats de ces travaux d'expérimentations font l'objet de publications régulières aux journées de la recherche porcine en France. Co-organisé par l'INRA et l'IFIP, ce colloque annuel permet la diffusion rapide auprès des partenaires de la filière des résultats de la recherche pouvant avoir des applications directes pour contribuer à sa compétitivité tout en répondant aux nouvelles demandes sociétales.

3.1.4 Vers la définition de nouveaux modèles d'élevage

Les fondements du modèle productiviste se décomposent sous l'effet de la saturation progressive des principaux marchés agricoles. A partir du milieu des années 80, le contingentement de certaines productions, les exigences qualitatives du consommateur, l'avènement des problèmes d'environnement modifient la demande sociale [Landais et Bonnemaire, 1996]. Les crises consécutives se traduisent par une diversification des modèles techniques : segmentation des marchés, développement de gammes de produits, limitation des intrants, etc.. De nouvelles fonctions de l'agriculture émergent : protection de l'environnement, gestion de l'espace rural et des paysages, aménagement du territoire, etc.

Les acteurs confrontés à ces problématiques formulent des demandes plus complexes à l'adresse de la recherche. Les approches factorielles et les indicateurs du type production par animal ne permettent plus de répondre efficacement aux questionnements des agriculteurs [Dedieu *et al.*, 2008]. Plus que des systèmes

d'élevages clés en main, l'éleveur attend du conseil technique les méthodes et les outils pour concevoir, conduire et évaluer par lui-même les systèmes les mieux adaptés à sa situation du moment et anticiper, si besoin est, sur l'avenir.

La diversité des questions posées à l'élevage est un puissant moteur d'orientation des recherches et des voies de renouvellement de leurs fondements conceptuels et méthodologiques [Dedieu *et al.*, 2008]. Dès le début des années 1970, les travaux en agronomie font le constat suivant : les agriculteurs n'adoptent pas automatiquement les innovations techniques proposées et ne répondent pas toujours à la règle selon laquelle ils cherchent à maximiser leur profit [Dobremez et Bousset, 1996]. L'idée qu'il soit possible de conduire une même culture de différentes manières, toutes aussi cohérentes les unes des autres, s'impose progressivement [Sébillotte, 1978]. Les premières études sont mises en expérimentation et leurs résultats économiques et agronomiques comparés [Ambolet et Maumené, 1981 ; Capillon et Fleury, 1986]. La question n'est plus la recherche d'une fonction de production et devient une évaluation comparative chiffrée.

En complément de ces approches expérimentales, les chercheurs orientent leurs investigations vers la modélisation systémique [Le Moigne, 1984 ; Legay, 1997] qui permet d'étudier le comportement complexe des exploitations agricoles et des itinéraires techniques.

3.2 La démarche systémique, une entrée dans la complexité

L'approche globale de l'exploitation agricole est une réponse méthodologique à la compréhension de la complexité de son fonctionnement. La considérer comme un système revient à étudier l'ensemble avant d'approfondir l'étude des parties et à mettre l'accent sur les interactions [Marshall *et al.*, 1994]. Ces dernières sont sources de complexité et de réactions en chaîne autant dans les processus techniques que dans les prises de décisions de l'agriculteur. Les différents concepts permettant de comprendre le fonctionnement de l'exploitation agricole s'inscrivent dans une démarche théorique : *la systémique*. Il est opportun de présenter dans ce chapitre cette approche sur laquelle s'appuie la conception du dispositif expérimental présentée à la partie 4.

3.2.1 La caractéristisation des phénomènes perçus comme complexes

Un phénomène complexe est perçu dans son unité (*un tout*) et ses composantes (*les parties*). Les interactions entre *les parties* confèrent au *tout* des propriétés différentes de celles observées au niveau de chaque partie prise isolément [Marshall *et al.*, 1994].

Ces phénomènes sont hiérarchisés en niveaux emboîtés les uns dans les autres correspondant à des paliers d'organisation successifs ou d'ordres différents. Chaque niveau englobant est alors caractérisé par des propriétés nouvelles que l'on observe pas au niveau englobé. Ils sont le siège d'interactions de différentes natures et manifestent également une capacité d'auto-organisation leur permettant de modifier leurs propres mécanismes ou comportements internes.

Pour Le Moigne [1990], un système complexe manifeste des formes d'autonomie : si ses comportements devaient être dépendants d'interventions extérieures ou exogènes, ils ne seraient pas complexes mais au contraire prévisibles. La complexité apparaît et se développe avec l'émergence d'une capacité d'autonomie au sein d'un système : ses comportements sont élaborés par le système lui-même, de façon endogène ; ouvert sur ses environnements qui le sollicitent et le contraignent (…) et en transaction avec eux. Il n'en est pas pour autant complètement dépendant : ayant ses projets propres, il est capable d'intelligence.

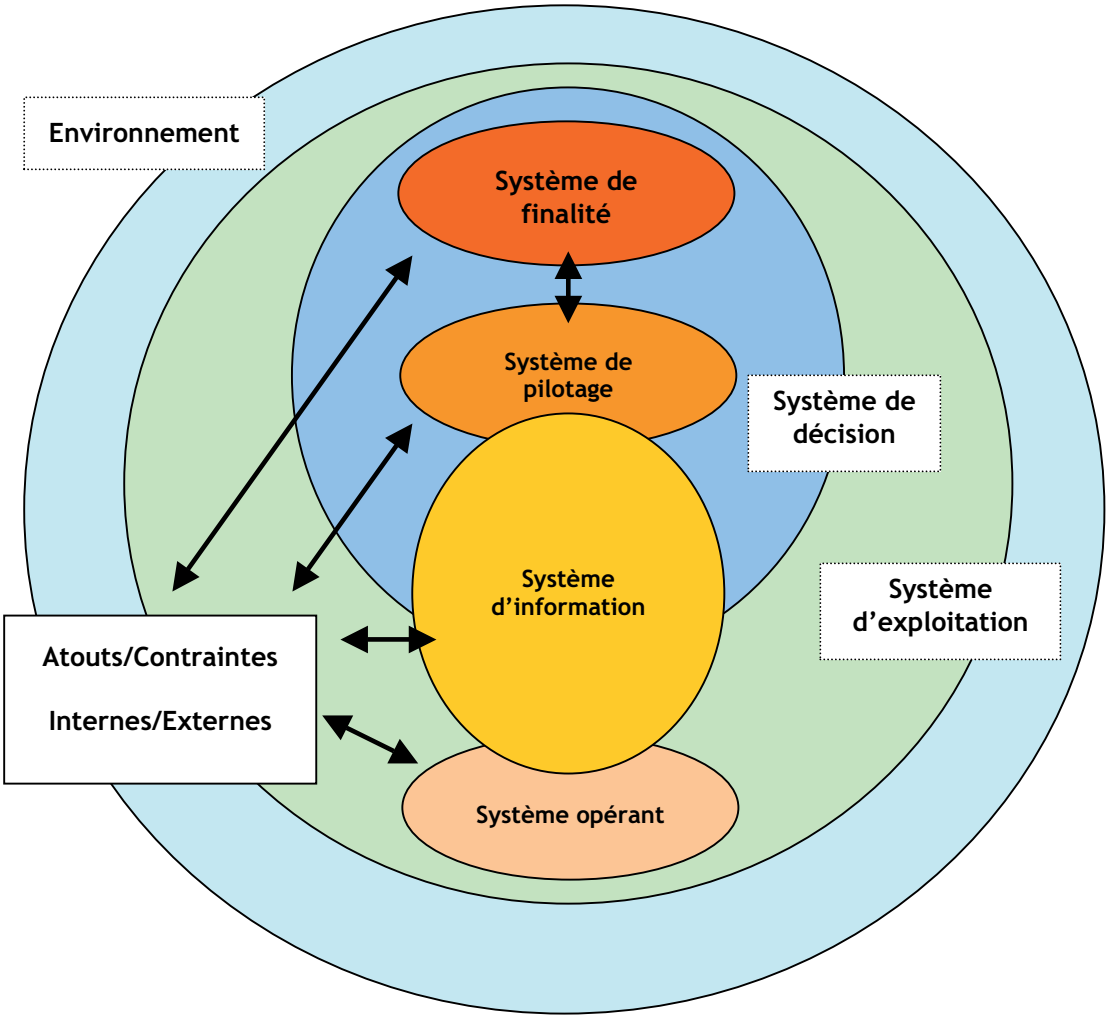
3.2.2 L'intelligibilité des phénomènes complexes

Pour démêler l'enchevêtrement et ainsi comprendre le fonctionnement d'un phénomène complexe, il est nécessaire de le modéliser c'est à dire d'en construire une représentation [Marshal *et al.*, 1994]. Ainsi, un modèle est une représentation artificielle que l'on construit dans sa tête. Il est un agencement de symboles : des signes qui sont à la fois signifiés (ils ont un sens pour qui les émet) et signifiants (ils ont un sens pour qui les reçoit) [Le Moigne, 1990].

Un système complexe est défini comme un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisé en fonction d'un but [de Rosnay, 1977] ou comme un enchevêtrement d'actions, qui est identifiable par ses finalités, qui évolue dans un environnement actif au sein duquel il s'organise et se transforme sans perdre son identité [Le Moigne, 1990]. Selon ces définitions :

- Un système est un enchevêtrement d'actions pouvant être représenté par des processus ou boîtes noires dont on ne cherche pas à connaître *a priori* le fonctionnement intime mais dont il suffit de décrire le comportement au travers des flux qui les traversent, des fonctions qu'ils remplissent et de leurs résultats. On distingue des processus qui transforment la matière et l'énergie : les processus de production de biens et de services, et ceux qui analysent les informations : les processus de décisions.
- Un système est finalisé, donnant un sens aux actions et aux processus. Le projet du système est central pour accéder au sens, repérer le système et sa frontière avec son environnement.
- Un système évolue dans un environnement actif. Il n'est pas clos mais ouvert. L'intelligibilité du système doit être trouvée non seulement dans le système lui-même mais aussi dans sa relation avec son environnement. Cette relation n'est pas qu'une simple dépendance, elle est constitutive du système.
- Le système s'organise, traduisant l'enchevêtrement d'actions finalisées, les interactions entre les processus. Il rend compte à la fois du comportement de chacun des niveaux du système et l'articulation entre les niveaux sans les séparer.
- Le système se transforme sans perdre son identité, grâce à son autonomie, sous l'effet d'événements internes et externes.

Figure 3.1 - Représentation des sous-systèmes du système Exploitation-Famille.



Bonneviale *et al.* [1989]

3.2.3 L'application à l'entreprise

Cette notion de système s'applique à l'entreprise. En la définissant comme enchevêtrement d'actions ou de processus, elle place l'action au centre de son objet scientifique [Marshall *et al.*, 1994].

L'autonomie d'actions correspond à la capacité des acteurs à concevoir, à ordonnancer, à inventer des solutions aux problèmes. L'entreprise ne s'organise pas uniquement pour produire, elle résout les problèmes qu'elle perçoit et décide des comportements à adopter [Simon, 1947 cité par Marshall *et al.*, 1994]. Le pilote cesse de délibérer et décide d'agir lorsqu'il a trouvé une solution qu'il estime satisfaisante au regard de toutes les finalités et en fonction de la vision qu'il a de la situation.

En appliquant cette approche à l'entreprise, deux niveaux d'actions peuvent être identifiés : celui de l'élaboration conceptuelle des décisions ou système de décision et des opérations tangibles, le système opérant. La conjonction entre ces deux niveaux est assurée par un système d'information qui enregistre les indicateurs du système opérant, les mémorise et les propose au système de décision (Figure 3.1).

3.3 Le système d'élevage : Un concept pour raisonner la transformation des élevages

La prise en compte de la globalité du système, de ses finalités et des interactions entre les divers processus techniques, est à la base des modèles de fonctionnement des exploitations agricoles [Sébillotte, 1974 ; Petit, 1981 ; Osty, 1978 ; Teissier, 1979 ; Bonneviale *et al.*, 1989 ; Marshall *et al.*, 1994]. Ce chapitre présente les principaux concepts de la *démarche systémique* appliquée depuis plus de 35 ans à leurs fonctionnements. Elle est fondée sur deux principes clés : l'exploitation est vue comme un système et les agriculteurs ont des raisons de faire ce qu'ils font. Dans ce chapitre, largement inspiré par les propos de Bonneviale *et al.* [1989] et Marshall *et al.* [1994], nous développerons les concepts relatifs au modèle décisionnel. Il intègre le système opérant et de décision, liés par le système d'information. Cette structuration sera reprise ultérieurement à la partie 4.

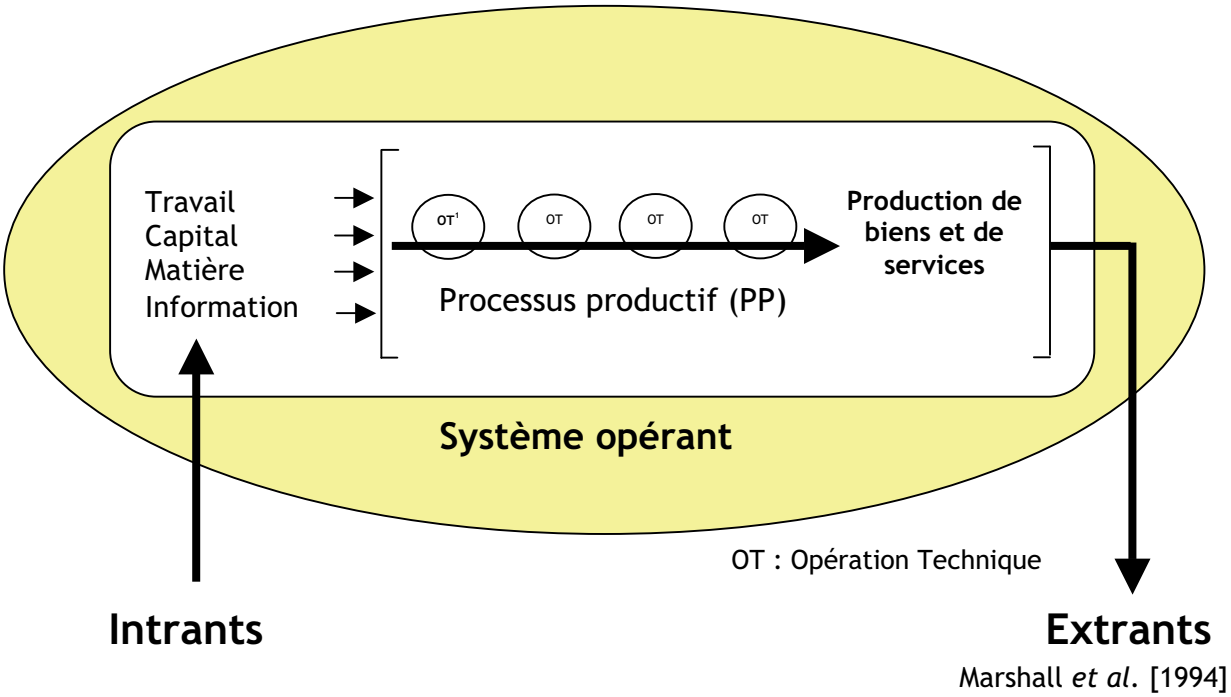
3.3.1 Les processus pilotés : Le *système opérant*

Les activités productives se traduisent par des flux de matières, de travail et d'équipements, financiers et d'informations. L'exploitation importe ou prélève ces flux, les stocke, les transforme et les transporte. Elle les exporte ou les restitue dans son environnement. Trois types de processus de production génèrent l'information utilisable par le système de décision : la production de biens et de services, l'organisation technique et les ressources monétaires. Ils sont développés dans cette section.

Le processus de production de biens et de services

Il concerne la conduite des processus de productions simples (ex : production de céréales) ou combinés (ex : production de céréales et de viande). Un système d'élevage articule plusieurs éléments :

Figure 3.2 - Processus de production de biens et de services.



Marshall *et al*. [1994]

- Un ou plusieurs matériels biologiques comme l'animal ou le troupeau. L'acte productif consiste à agir sur les matières premières mises en œuvre (alimentation, abreuvement, paillage, etc.) et à orienter les conditions qui vont permettre sa croissance et son développement pour aboutir à une production commercialisable.
- Un milieu comme l'air ambiant dans un bâtiment, la surface offerte aux animaux, la nature du sol, etc. Il définit un ensemble de conditions favorables ou défavorables à la croissance ou au développement du matériel biologique.
- Un espace qui peut être des bâtiments d'élevage.
- Des outils de travail permettant la mécanisation plus ou moins poussée des actes techniques. Ils vont conditionner la pénibilité du travail et la rapidité d'exécution des tâches.
- Une échelle de production qui détermine sa dimension. Il s'agit de la taille du troupeau ou de l'atelier.

La conduite d'un processus de production nécessite la mise en œuvre d'une succession d'opérations techniques. Les dates sont imposées par les rythmes ou les stades de croissance du matériel biologique. Chaque opération va générer des flux de matières, de travail, de capital et d'informations (Figure 3.2). En élevage, il faut constituer et distribuer des stocks d'aliments, organiser la mise à la reproduction et la commercialisation des animaux, assurer leurs suivis au quotidien, etc.

Les pratiques constituent l'objet central de l'étude des systèmes d'élevage [Landais et Deffontaines, 1988]. Les étudier, c'est observer la façon dont l'agriculteur procède pour les mettre en œuvre sur son exploitation. Alors que les techniques peuvent être décrites indépendamment de l'agriculteur qui les met en œuvre, il n'en est pas de même des pratiques. Elles sont en effet beaucoup plus liées à l'opérateur et aux conditions dans lesquelles il exerce son métier (milieu naturel, système de production, etc.). Ainsi, l'utilisation d'une technique nécessite la mise œuvre d'un ensemble de pratiques, mais ces pratiques peuvent être différentes.

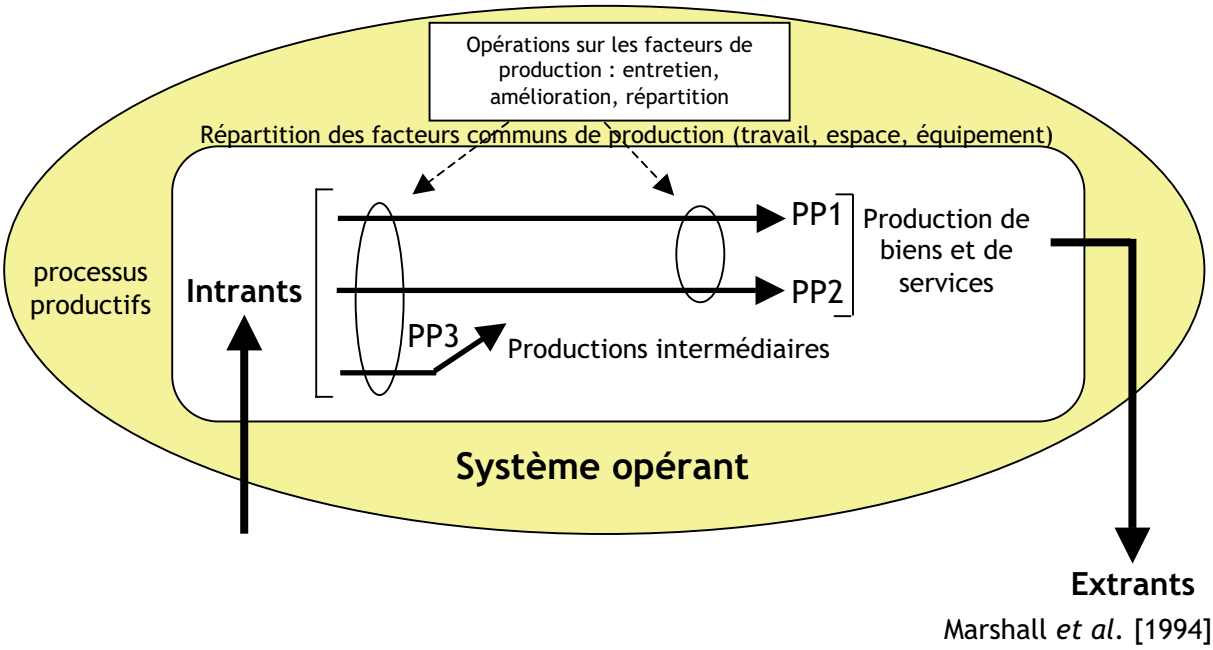
L'agriculteur doit se fixer des objectifs de production et de rentabilité, des seuils de risque minimum et élaborer des stratégies de rechange. Ces considérations se traduisent par un ensemble de *règles d'actions*.

Processus de production d'organisation technique

La plupart du temps, l'agriculteur conduit un ensemble de processus dépendant les uns des autres par de multiples interactions. C'est la raison pour laquelle on parle de systèmes de production ou d'activité[1]. Les interactions vont créer des dépendances entre plusieurs processus productifs et conditionner le degré de complexité du système et l'ampleur des réactions en chaîne qui se déclenchent lorsqu'il faut le transformer ou lorsqu'il est perturbé. Une très forte contrainte

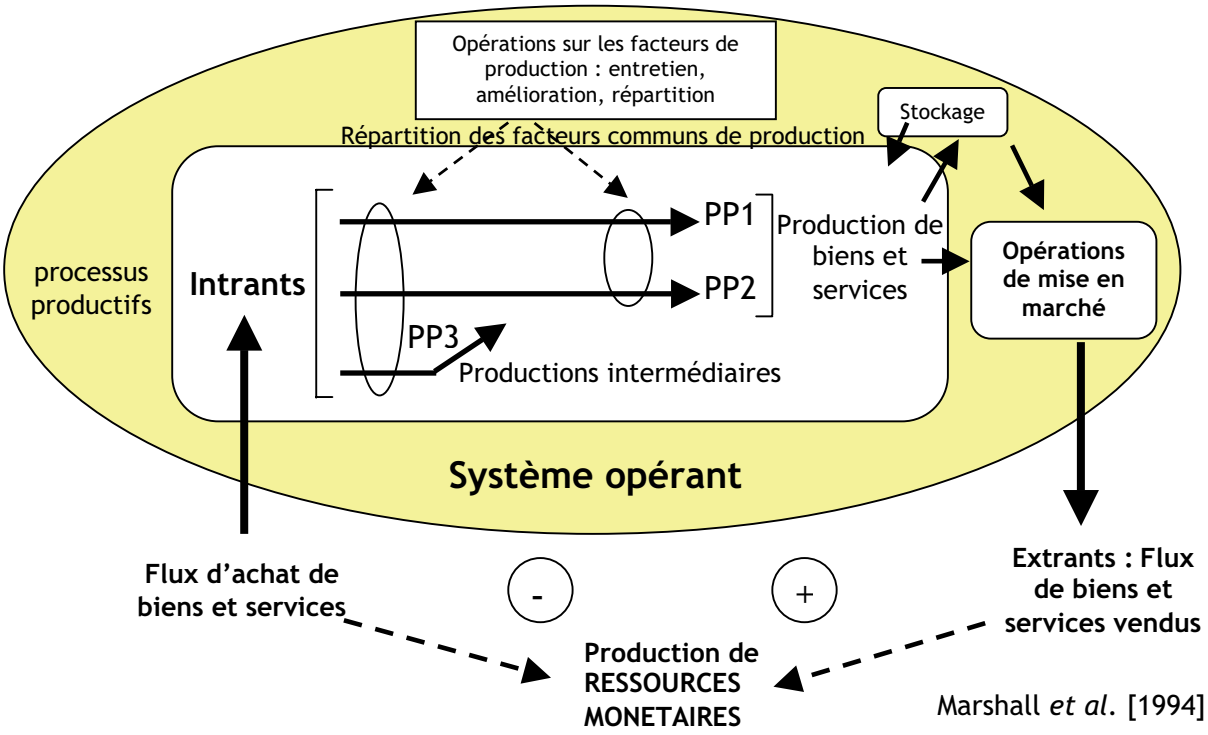
[1] Le système de production se rattache davantage aux processus de production agricole alors que le système d'activité intègre plus largement la coexistence d'activités agricoles et non agricoles au sein de l'exploitation.

Figure 3.3 - Processus d'organisation technique.



Marshall *et al.* [1994]

Figure 3.4 - Processus de production de ressources monétaires.



Marshall *et al.* [1994]

s'exerçant sur un processus productif peut handicaper l'ensemble du système par l'effet des interactions. Les agriculteurs l'expriment par cette phrase : *tout est lié sur mon exploitation*.

Décider d'affecter un facteur de production à un processus peut conduire à renoncer à l'attribuer à un autre. Le choix de conduire plusieurs processus simultanément impose de prendre des décisions concernant leur répartition. La maîtrise du système demande une bonne organisation du travail et une aptitude à organiser l'espace et le bâti de l'exploitation. Cette deuxième fonction du système opérant, produire de l'organisation, permet d'ajuster les flux et la répartition des facteurs communs (Figure 3.3). A ces opérations s'ajoutent celles relatives à l'entretien et à l'amélioration des facteurs.

Processus de production de ressources monétaires

Le processus de production de ressources monétaires concerne les opérations économiques liées au cycle d'exploitation, comme la mise en marché, l'achat de biens et de services et les opérations de négociation.

Le système opérant est une combinaison de pratiques productives, organisatrices et économiques (Figure 3.4). Il génère une masse de ressources monétaires résultant de la différence entre les recettes (opérations de mise en marché) et les dépenses (achat d'intrants, de services et d'informations).

Ces flux engendrent des opérations d'ajustement d'échéanciers par des actions ciblées en fonction des dates de paiement et de mise en marché.

3.3.2 Le processus de pilotage : Le *système de décision*

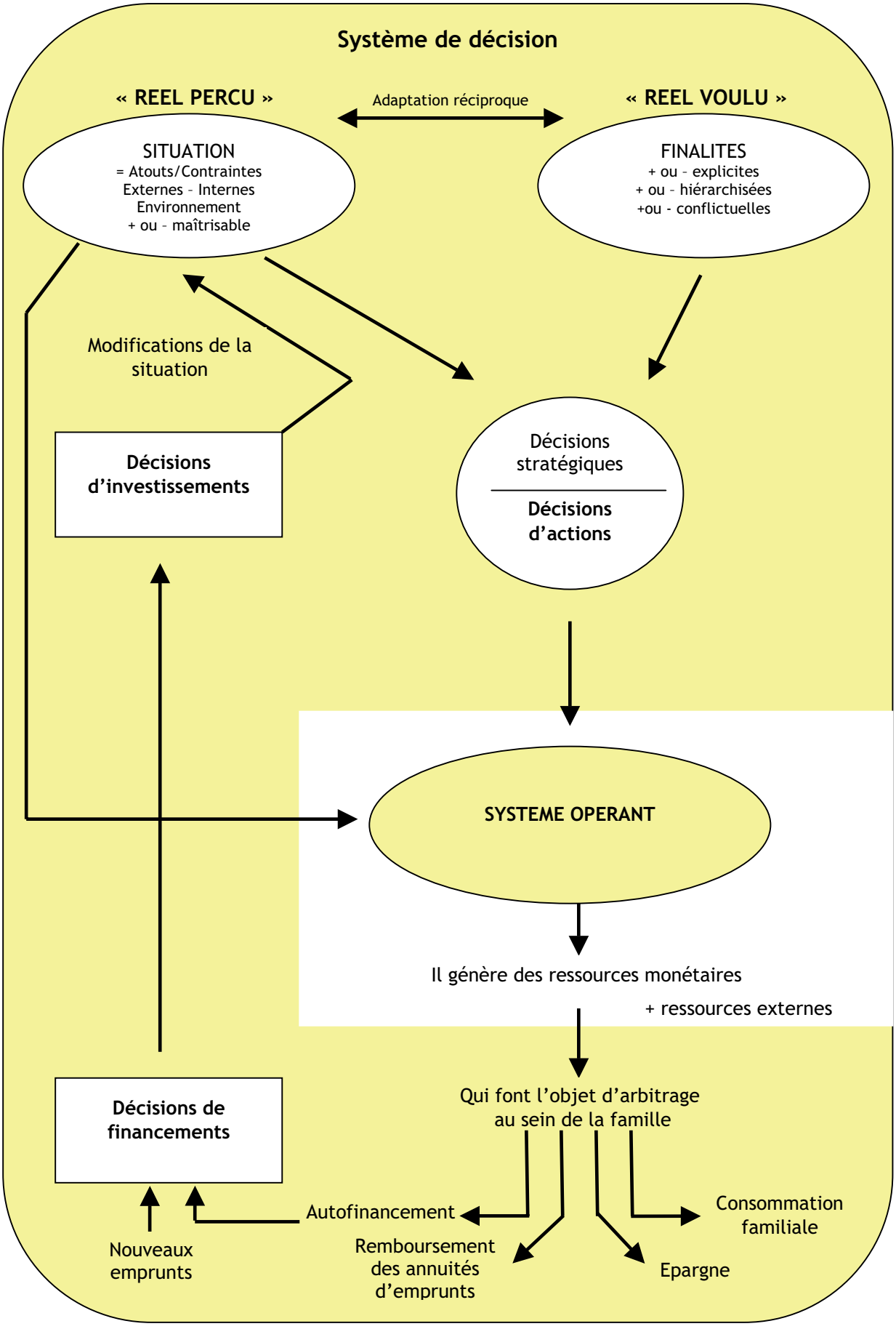
Les décisions des agriculteurs visent à atteindre une ou des finalités en fonction des objectifs fixés à l'exploitation et de la vision qu'ils ont de leur situation. Cela impose de s'astreindre à comprendre pourquoi les agriculteurs font ce qu'ils font. Les notions relatives à la prise de décisions sont présentées dans cette section.

Les finalités des acteurs

Les finalités sont l'expression d'aspirations portées par leurs acteurs. Elles peuvent se rapporter à la viabilité économique de l'exploitation, son image, son avenir, etc. Elles ont une certaine constance dans le temps, sont plus ou moins conscientes, claires, explicites et hiérarchisées. Les acteurs cherchent la plupart du temps à atteindre plusieurs finalités simultanément qui peuvent faire l'objet de tension lorsqu'elles ne sont pas toujours convergentes.

L'analyse passée des décisions peut constituer un bon révélateur des finalités d'aujourd'hui. La lecture historique de l'exploitation ou *trajectoire d'évolution* revêt ainsi une grande importance, notion évoquée précédemment dans la partie 1. Enfin, les finalités poursuivies par les individus s'inscrivent dans une dynamique sociale propre à chaque exploitation. Dans ce contexte, elles sont l'expression de logiques individuelles ou collectives sous-jacentes [Commandeur *et al.*, 2006].

Figure 3.5 - Comment les agriculteurs prennent-ils leurs décisions ?



Marshall *et al.* [1994]

La situation des acteurs

La situation est l'ensemble des éléments internes ou externes à l'exploitation qui, à un moment donné, intervient sur les possibilités d'actions ou de jeux de celui, celle(s) ou ceux qui la pilote(nt). Elle inclut les atouts et les contraintes qui favorisent et limitent les actions.

Les caractéristiques de la situation se déclinent en trois volets. D'une part, les acteurs de l'exploitation prennent des décisions en fonction de la situation perçue par eux. Cette perception peut être différente de celle que pourrait avoir un observateur extérieur. D'autre part, les atouts et les contraintes agissent à un niveau particulier du fonctionnement de l'exploitation et s'inscrivent dans une hiérarchie. Enfin, la classification d'éléments de situation en atouts et contraintes n'a de sens que rapportée aux finalités du ou des décideurs.

Les types de décisions

A partir de la finalité et de la situation des acteurs, deux niveaux de décisions peuvent être identifiés :

- *Les décisions stratégiques* à moyen et long terme n'ont pas de caractère répétitif. Elles dessinent la *trajectoire d'évolution* et sont de 5 types : les orientations et les changements éventuels du système opérant, les choix relatifs à la force permanente de travail, la mobilisation des moyens de production, les décisions relatives au choix des modes de mise en marché et l'arbitrage entre la part du revenu permettant aux acteurs de vivre et celle qui est réinvestie dans l'exploitation.
- *Les décisions d'actions* rassemblent celles prises au rythme des cycles de production. Elles sont à caractère répétitif (ex : rythmes de paillage) et de régulation ou d'ajustement (ex : introduction d'un traitement vétérinaire). Elles conditionnent la réussite du projet global et peut expliquer l'écart entre le résultat espéré et celui obtenu.

La mise en œuvre de la politique générale de l'exploitation est sujette à des aléas techniques, économiques, familiaux, etc. obligeant les agriculteurs à s'adapter en permanence à des situations nouvelles par des décisions de régulation pouvant rester dans le cadre de l'orientation générale ou aboutir à la réviser ou la remettre en cause.

La situation perçue par les acteurs et les finalités déterminent la formation d'un ensemble de décisions hiérarchisées, stratégiques et d'actions, qui vont modeler le système opérant. Réflexions, décisions et actions font partie d'un même processus d'adaptations permanentes entraînant la modification des finalités ou le changement de position *(*Figure 3.5).

L'environnement physique, socio-économique et culturel joue un rôle fondamental dans le déclenchement des processus décisionnels. Il vient influencer les décisions des acteurs de l'exploitation. Il n'y a pas de frontière définie *a priori* entre l'exploitation et son environnement. Cette frontière est à construire et tient compte des objectifs recherchés.

Les Règles de Décisions ou RdD

Les décisions stratégiques et d'actions obéissent à des règles que se donnent les agriculteurs. Ces dernières sont des cadres de réflexion. Elles constituent des guides pour l'action et permettent le pilotage du système :

- La trajectoire de l'exploitation dessinée par les décisions stratégiques consiste à définir des lignes de conduite qui vont permettre d'agir dans le présent en cohérence avec la perception des futurs possibles. Il s'agit de passer de la prévision à la prospective, se préparer aujourd'hui un avenir incertain et/ou inattendu.
- Les *règles stratégiques* sont définies en fonction des finalités, de la perception des problèmes à résoudre et celle du champ des possibles. Elles sont confirmées ou révisées à l'issue de diagnostics s'appuyant sur des informations internes. Elles aboutissent à des décisions stratégiques.
- Le pilotage de l'action au jour le jour est l'ensemble des moyens que se donnent les acteurs pour conduire l'opération en temps réel. Ils permettent d'anticiper des effets induits qui n'ont pas de caractère de certitude mais dont l'occurrence est estimée en fonction des connaissances du comportement des cultures, des animaux, des clients, de l'évolution du milieu et de l'environnement.
- Concernant la conduite des processus productifs et leurs combinaisons, les acteurs établissent un corps de *règles d'actions* qui vont guider les prises de décisions au quotidien. Elles sont établies à partir d'expériences mémorisées des cycles de production antérieurs et de connaissances exogènes. Elles prennent en compte les effets immédiats attendus et induits susceptibles d'apparaître. Cette projection correspond à la capacité de gestion et d'appréciation des risques éventuels.

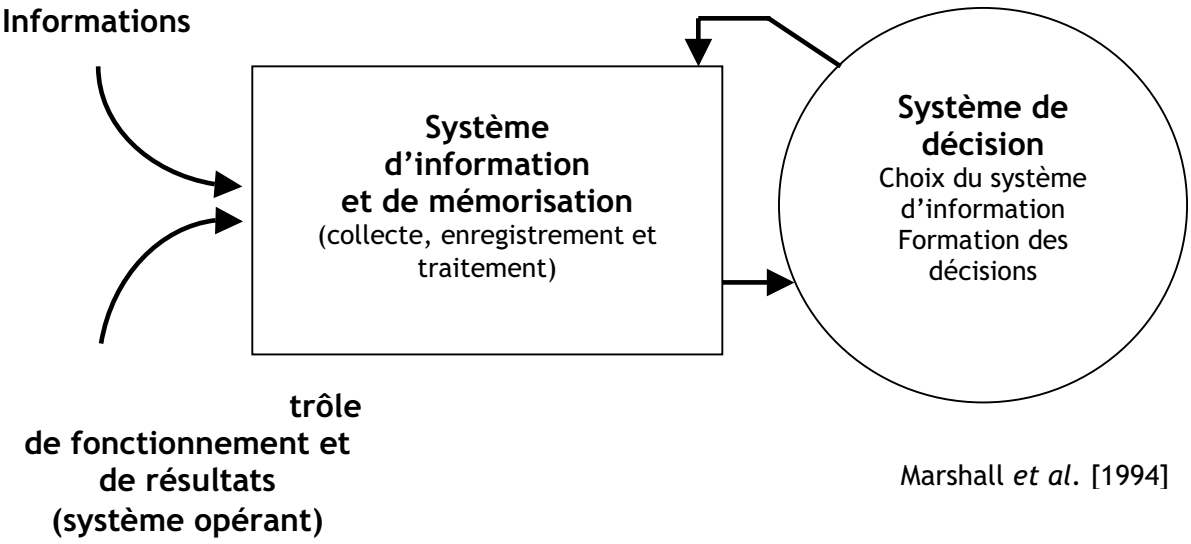
Les règles d'actions sont déterminées en référence aux finalités du système et en cohérence avec les stratégies. Elles concernent les processus productifs et d'organisation qui imposent à l'agriculteur d'établir des priorités. L'évaluation de l'efficacité de ces règles vis-à-vis des objectifs permet de les réadapter. Si l'agriculteur constate une inefficacité répétée de ces règles, il peut être amené à modifier les *règles stratégiques* ou investir sur des éléments qui contraignent de façon trop importante l'efficacité de l'action.

A partir de ces constats, Sébillotte [1972] introduit le concept d'*itinéraire technique*. Il s'agit de la combinaison logique et ordonnée de techniques permettant de contrôler le milieu et d'en tirer une production donnée. Ce concept permet de se rendre compte qu'il existe plusieurs itinéraires pour une même culture.

L'information des décisions : Le *système d'information, de mémorisation*

Les systèmes complexes sont capables de s'informer sur l'état de leur environnement et leur situation interne. Ils peuvent mémoriser les informations et les mettre au service de la prise de décisions. L'agriculteur collecte, enregistre et mémorise :

Figure 3.6 - Le système d'information et de mémorisation.



Marshall *et al*. [1994]

- les données de la conduite du système opérant ;
- l'expérience accumulée, en particulier les prises de décisions passées, leurs circonstances et leurs conséquences ;
- les informations en provenance de l'extérieur.

Mémorisées, elles constituent progressivement le référentiel des acteurs de l'exploitation qui sera mobilisé si besoin est pour éclairer le système de décision (Figure 3.6). La figure 3.7 ci-après présente l'articulation entre les déterminants, les règles et l'information des décisions. Le cycle cybernétique information – mémorisation – décision – action se trouve de ce fait au cœur du modèle global.

Cette approche du fonctionnement des exploitations agricoles ne rapporte pas les critères de formation des finalités, d'appréhension de la situation par les décideurs et l'ensemble des interactions sociales qui entourent la prise de décisions. La réalisation d'un objectif issu d'une rationalité supérieure est déviée, contingentée par les ajustements des individus entre eux et par leur propre rationalité. L'analyse sociologique rend compte de ces critères en introduisant les cultures et les systèmes de valeurs des acteurs, le milieu social local et les jeux organisationnels.

S'intéresser à la structure sociale donne la liberté de prendre en considération la logique de chacun des acteurs qui ne se conforme jamais totalement au rôle assigné par l'organisation, leur métier ou leur statut. C'est accepter qu'au delà des règles de fonctionnement, explicites ou implicites, l'organisation humaine a une relative autonomie. Enfin, cela permet de comprendre le système de rapports humains et son rôle dans le contexte économique du travail.

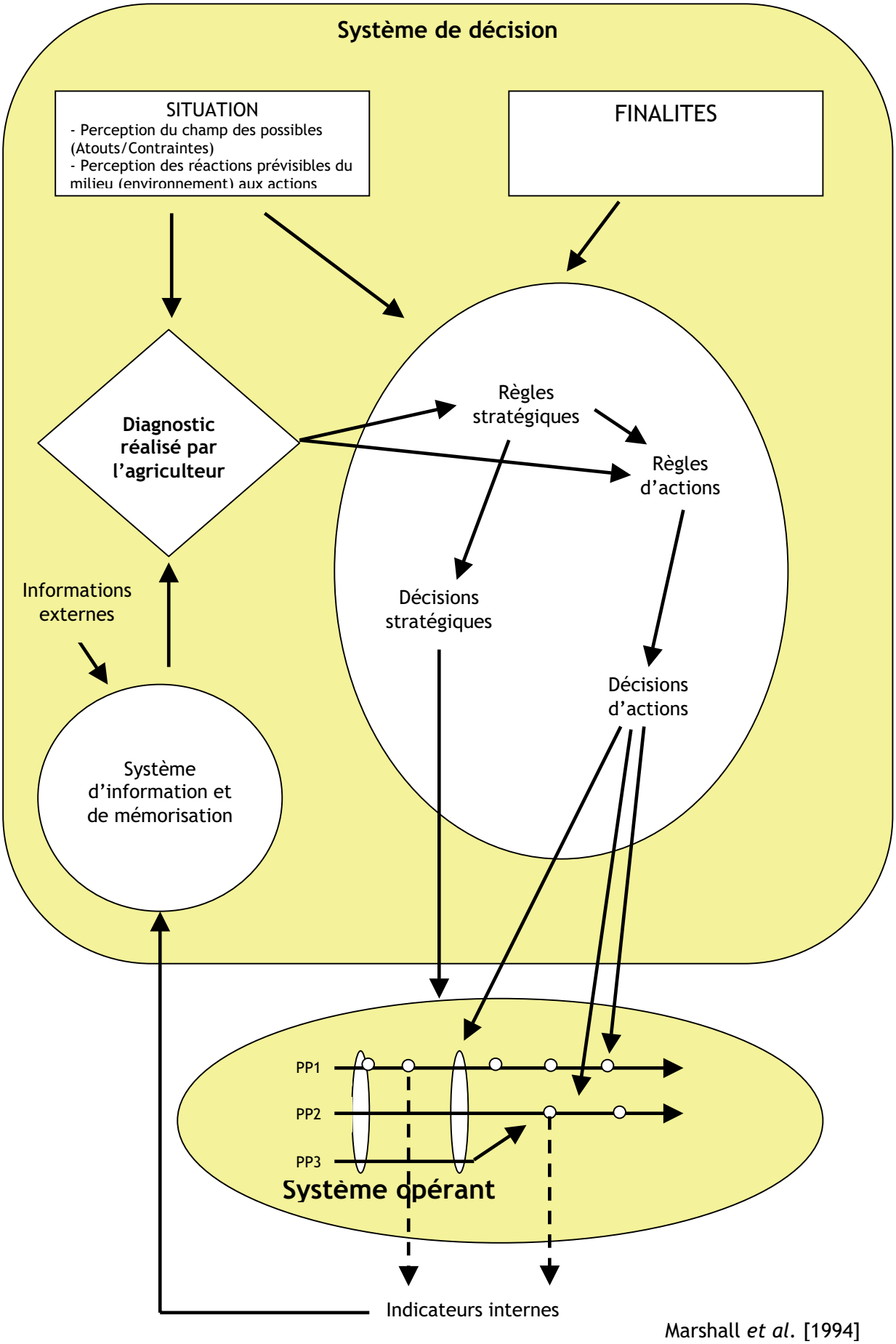
3.4 Approcher la complexité : L'expérimentation système

Prenant des distances avec l'expérimentation en milieu contrôlé, les approches globales et pluridisciplinaires associant les sciences de la décision, de l'organisation et la Recherche-action sont développées depuis le début des années 1970. Les *expérimentations systèmes* conduites par des *règles de décisions* permettent d'éprouver des paquets technologiques innovants et mettre à l'épreuve de nouveaux itinéraires. L'évaluation améliorant l'itinéraire inventé, un aller-retour s'organise entre la conception théorique et l'évaluation *in fine*. Les modalités de conduite et d'estimation de ces expérimentations ont été formalisées dans le cadre des systèmes de culture [Reau *et al.*, 1996 ; Meynard *et al.*, 1996] et d'élevage [Dedieu *et al.*, 2008 ; Dedieu et Ingrand, 2010]. Dans ce chapitre, nous aborderons les étapes allant de la conception à l'évaluation des itinéraires techniques. Ces aspects méthodologiques sont repris ultérieurement dans ce travail de thèse (Partie 4 et 5).

3.4.1 La conception des itinéraires techniques

Ils sont conçus à partir d'une *démarche participative* [Vereijken, 1997]. Les recherches participatives sont menées aujourd'hui dans de nombreux domaines et diverses disciplines scientifiques [Lardon *et al.*, 2010]. Elles consistent à faire intervenir des acteurs concernés par l'enjeu de la recherche pour en influencer sa conduite et ses résultats [André *et al.*, 2006], pour en améliorer les produits et pour une plus grande démocratie [Lilja et Bellon, 2008].

Figure 3.7 - Articulation entre les déterminants, les règles et l'information des décisions.



Marshall *et al.* [1994]

Pour Lammerink et Woollfers [1998], une démarche participative consiste à mettre en œuvre un ensemble d'opérations, de méthodes, de techniques, de moyens pour aborder - avec toutes les parties concernées et de manière équitable- la réalisation d'un projet. Pour ces auteurs, la participation suppose un engagement permanent de la personne et du collectif. Ils identifient 4 niveaux d'engagement :

- Le premier niveau se limite à la reconnaissance mutuelle des partenaires qui envisagent de faire œuvre commune. C'est la période de reconnaissance et de sollicitation.
- Dans le second niveau, l'engagement se construit au cours d'une période d'échange d'informations pour la conception, la réalisation et la gestion du projet. C'est une période de mise en confiance.
- Le troisième niveau se caractérise par un accord de partenariat. Les adhérents participent activement à la conception du projet, à la formulation de ses règles de réalisation et de gestion.
- Dans le quatrième niveau, l'engagement correspond à la période d'exécution et de gestion du projet. Chaque partenaire est appelé à respecter les engagements et les règles qui ont été fixés d'un commun accord. La participation est alors maximale.

Dans une démarche participative les solliciteurs et les sollicités doivent coopérer, collaborer, devenir des partenaires, et cela dans un environnement physique, social, économique, institutionnel et politique dont ils devront tenir compte et s'assujettir. La communication entre les acteurs est primordiale.

Toujours d'après Lammerink et Woollfers [1998], l'engagement se déroule par étapes :

- Identifier l'objet d'une démarche participative ; cette étape suppose que les parties prenantes soient arrivées à échanger des informations claires, précises et se comprendre mutuellement.
- Rechercher un consensus pour la construction d'une œuvre commune ; cela suppose que les parties reconnaissent leurs différences et leurs divergences mais acceptent d'avancer avec respect.
- Concevoir l'œuvre commune ; un projet exige que les parties mettent en place des règles de fonctionnement permettant à chacun de se mobiliser, de s'exprimer, de s'informer et de préparer les décisions.
- Construire le partenariat ; au moment où il est décidé de mettre en chantier l'œuvre commune, il faut renforcer les liens contractuels. Des règles de gestion concernant les aspects organisationnels, institutionnels et financières du projet doivent être institués.
- Réaliser et gérer l'œuvre ; la participation est maximale et irréversible. Elle exige la mise en œuvre de l'organisation convenue pour suivre, contrôler et évaluer la réalisation, l'exécution des engagements pris, ainsi que l'évaluation permanente des activités entreprises.

3.4.2 La conduite des itinéraires techniques

Leurs modalités de conduite stratégique et opérationnelle sont formalisées selon des *règles de décisions*. Elles sont le dénouement d'un travail d'expertise, de simulations et de résultats expérimentaux [Meynard *et al.*, 1996 ; Dedieu *et al.*, 2002]. Elles permettent le contrôle des modes de décisions propres à chaque itinéraire technique et se composent de trois dimensions :

- La stratégie et les objectifs de la règle : *Pourquoi faire ?*
- L'énoncé de la règle : *Comment faire ?*
- Les indicateurs d'évaluation : *L'a-t-on fait ?*

Elles formalisent les pratiques permettant d'atteindre ou non les objectifs assignés initialement à l'itinéraire technique *Comment faut-il faire ?*

Un itinéraire technique résulte de la mise en œuvre d'un grand nombre de *règles de décisions* [Meynard *et al.*, 1996]. Il n'est pas envisageable de toutes les valider avant de l'expérimenter dans son ensemble. L'évaluation agronomique ou zootechnique précisera celles qui devront faire l'objet d'une appréciation. Il faut accorder une attention particulière aux règles innovantes, celles qui sont contradictoires avec la tradition méritent une expertise autonome sans *a priori*.

L'inconvénient de ce type d'approche est la rigidité du corps de *règles de décisions* [Meynard *et al.*, 1996]. De même, des situations imprévues peuvent se présenter si elles ont été insuffisamment réfléchies. L'expérimentateur doit avoir la possibilité d'enrichir le jeu de règles, à condition de les formaliser.

3.4.3 L'évaluation des itinéraires techniques

Elle est différente de l'expérimentation factorielle classiquement utilisée en station expérimentale [Reau *et al.*, 1996 ; Nolot, 2002 ; Nolot et Debaeke, 2003 ; Lançon *et al.*, 2007]. Elle porte sur les écarts entre les résultats obtenus et les objectifs prévus par le protocole. Elle comporte trois niveaux d'évaluation :

- Une évaluation globale, multicritère, qui consiste à tester l'adéquation d'ensemble de l'itinéraire technique aux objectifs assignés sur la base de variables simples et synthétiques : Lorsque les animaux sont élevés sur litière de paille, peut on obtenir une marge brute au moins égale à celle d'élevages plus conventionnels sur caillebotis ?
- Si l'évaluation globale répond à la question : Cet itinéraire technique est il satisfaisant ? ou Est-il plus satisfaisant qu'un autre ? elle est insuffisante dès que l'on veut savoir Pourquoi l'itinéraire technique n'atteint pas le résultat escompté ? L'estimation consiste à revenir à la logique même de la conception de l'itinéraire et à s'interroger si les hypothèses sur lesquelles on a fondé celle-ci sont correctement vérifiées. Elle peut s'appuyer sur des mesures effectuées sur les systèmes testés et sur l'adjonction d'expérimentations spécifiques. Par exemple, l'évaluation conduira à s'interroger sur les objectifs concernant la transformation de l'alimentation par les animaux : l'Indice de Consommation des deux systèmes d'élevage est-il limitant ? Les rejets en azote sont-ils conformes aux prévisions ? Cette évaluation

permet d'apprécier globalement la réussite ou l'échec de toutes les techniques qui conditionnent les niveaux d'alimentation des animaux et les *règles de décisions* qui s'y rattachent : celles concernant les niveaux de rationnement, les dates de changement des aliments, les conditions de vie des animaux, etc.. Juxtaposé à cette analyse, on peut souhaiter porter un jugement sur le choix du niveau protéique des aliments. Dans ce cas, il sera nécessaire de disposer d'indicateurs d'effets de cet apport et souvent des traitements expérimentaux spécifiques.

- L'appréciation analytique des *règles de décisions* permet d'estimer leurs pertinences biotechniques et pratiques. Il ne s'agit plus ici de vérifier le degré d'atteinte d'un objectif intermédiaire ou la réussite globale des techniques et des règles associées, mais de porter un jugement plus spécifique sur une règle donnée.

Du fait des aléas techniques ou sanitaires, l'évaluation globale est toujours insuffisante et ne peut motiver l'économie d'un diagnostic zootechnique des résultats obtenus. La diversité et l'instabilité des situations font que ce diagnostic incombe au pilote de l'*expérimentation système*. Le concept d'évaluation identifie ainsi l'ensemble des outils et méthodes simplifiés pour décrire et expliquer le résultat obtenu, porter un jugement sur les choix techniques et ajuster les *règles de décisions*. En d'autres termes, le prototypage de systèmes d'élevage prévoit des boucles de progrès, avec l'ajustement des *règles stratégiques et d'actions* en fonction des résultats des évaluations.

Demain ne sera pas comme hier. Il sera nouveau et dépendra de nous. Il est moins à découvrir qu'à inventer.

[Gaston Berger,
Phénoménologie du temps et prospective]

Pour ce qui est de l'avenir, il ne s'agit pas de le prévoir, mais de le rendre possible.

[Antoine de Saint-Exupéry,
Citadelle]

4 Approche expérimentale des systèmes d'élevage : Eléments de choix et définition des corps de pratiques

La *trajectoire d'évolution* de la station régionale porcine de *Crécom* est liée à celle de la production en Bretagne. Créée en 1975 dans le cadre du plan de rationalisation, les investigations de recherche appliquée à *Crécom* concernent d'emblée l'amélioration de la productivité des animaux et celle du travail. Puis, à partir de 1992, année marquée par la grande réforme de la PAC, des travaux portant sur les externalités négatives de l'élevage y sont conduits. Au début des années 1990, l'outil est devenu vétuste. Il ne répond plus totalement aux attentes des éleveurs ni de la Société. Dix années seront nécessaires à l'étude d'un nouveau projet autour de paradigmes différents de ceux des précédentes décennies, 5 années à la construction du dispositif, trois années à la collecte de l'information. Nous tenterons de décrire dans cette partie les différentes étapes du projet en évoquant les déterminants sous-jacents à la configuration d'un dispositif expérimental porté vers la compréhension des systèmes d'élevage. Nous présenteront les *règles de décisions* relatives à leur fonctionnement. Enfin, nous décrirons le système d'information qui servira à leur évaluation.

4.1 La question du renouvellement d'un outil vieillissant : Vers de nouveaux paradigmes de l'élevage porcin

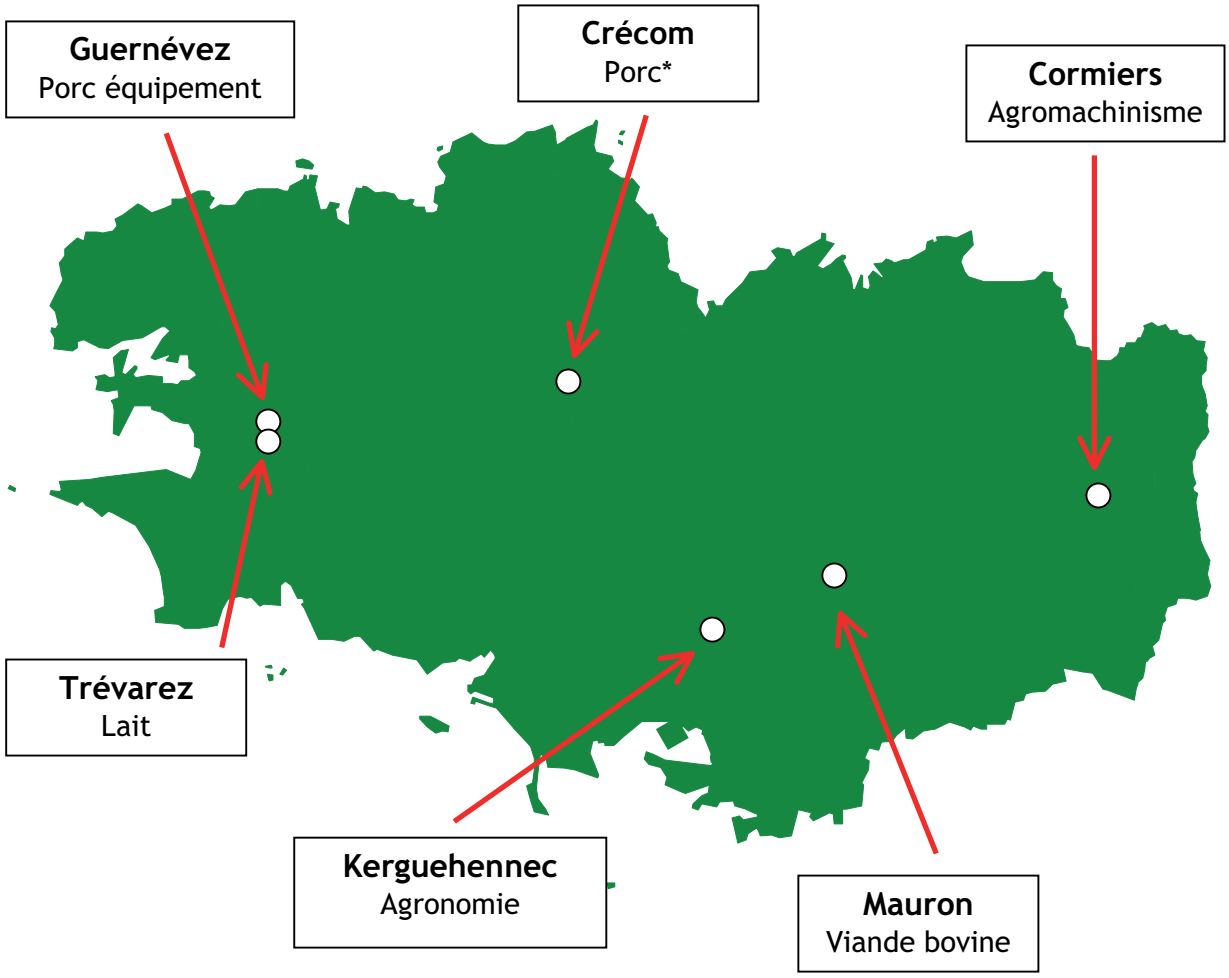
La question de la reconstruction de la station porcine de *Crécom* est posée dès 1986 mais c'est en en 1994 qu'elle l'est de façon officielle. Dix années de réflexion aboutiront à la création d'un dispositif unique en production porcine, une *expérimentation système,* permettant d'appréhender globalement les problèmes d'élevage. Nous présenterons dans ce chapitre les trois grandes étapes de sa conception où comment *la systémique* supplante progressivement les approches factorielles traditionnelles. Nous tenterons d'apprécier la place de l'environnement physique, socio-économique et culturel dans le déclenchement des processus décisionnels relatifs au renouvellement de cet outil.

4.1.1 Un réseau régional de stations expérimentales en évolution

Afin de rendre plus efficientes les activités de recherche conduites par les 4 Chambres d'agriculture de Bretagne, la Chambre régionale d'agriculture commande en 1992 un audit global du fonctionnement de ses stations auprès d'experts de l'INRA et du CEMAGREF. Il souligne le besoin de références dans les domaines techniques comme la protection de l'environnement, l'amélioration du bien-être animal, la qualité des produits, etc. et l'intérêt de constituer un réseau régional de stations expérimentales proche des éleveurs et plus spécialisé. Concernant celle de *Crécom*, il précise ses limites :

- L'élevage est vieillissant malgré des travaux réguliers d'entretien.
- Sa conception ne permet plus de répondre aux nouvelles préoccupations des éleveurs.
- L'encadrement technique, le financement doivent être développés pour valoriser pleinement les potentialités de l'outil.

Figure 4.1 - Le réseau régional des stations expérimentales des Chambres d'agriculture de Bretagne et leurs orientations.



** Expérimentation système*

Chambres d'agriculture de Bretagne [2011]

- La diffusion des références profite aux éleveurs des Côtes d'Armor et demande à être élargie.

A la suite de cet audit, les Chambres d'agriculture de Bretagne mettent en réseau 7 stations expérimentales au service d'équipes projets régionales organisées par filière et niveau d'expertise (Figure 4.1). Les coûts de fonctionnement et d'investissement des outils sont mutualisés entre les 4 Chambres départementales d'agriculture de Bretagne. Cette nouvelle organisation va rendre plus efficace les travaux de recherche développés par les Ingénieurs régionaux et la diffusion des références auprès des agriculteurs. En outre, elle permettra de réaliser des économies.

Certains outils sont confortés dans leurs missions initiales. C'est le cas de la station porcine de *Crécom* qui devient une station régionale par décision des élus du bureau de la Chambre régionale d'agriculture du 31 janvier 1994. D'autres au contraire stoppent leurs activités de recherche et parfois de production. C'est en particulier le cas des stations bovines de *Crécom* dont les activités sont transférées dans le Finistère pour la production laitière en 1998 (Station régionale de *Trévarez*) et dans le Morbihan pour la production de viande bovine en 2003 (Station régionale de *Mauron*). Ces choix stratégiques ont généré des questionnements au sein des filières entre les départements et entre les filières d'un même département.

4.1.2 Un premier projet conventionnel sur caillebotis

Un comité de pilotage constitué de responsables professionnels et d'experts des Chambres d'agriculture de Bretagne, de la Direction régionale de l'agriculture et de la forêt, des Instituts scientifiques et techniques se réunit le 5 octobre 1994 à la station régionale porcine de *Crécom*. Après avoir visité les installations, ses membres soulignent la vétusté de l'élevage rapportée par l'audit. Sa reconstruction intégrale est actée (Première étape du projet).

Trois années de concertation ont permis de (re)positionner la station par rapport aux autres outils de recherche français et de définir sa conception. La version finale d'une étude de reconstruction d'un outil de 164 truies présentes et sa suite, élevées sur caillebotis intégral et conduites en 7 bandes avec sevrage tous les 28 jours, est officiellement présentée aux élus des Chambres d'agriculture le 27 mars 1997 et à leurs partenaires scientifiques et techniques. Le projet fait également l'objet d'une présentation le 20 février 1997 aux élus locaux de la commune de Saint-Nicolas du Pélem et du Conseil Général des Côtes d'Armor.

L'amélioration de la puissance expérimentale des plans factoriels comparativement à l'élevage existant à cette date conduit les experts à augmenter la taille de l'élevage malgré son implantation en Zone en Excédent Structurel (ZES). Sa conception met l'accent sur la protection sanitaire. Deux bâtiments distincts constituent une frontière sanitaire entre les parties *Naissage* et *Engraissement*. Les truies sont élevées dans des salles indépendantes gérées en tout plein et tout vide. Les pré-fosses sous les caillebotis sont profondes (2 mètres) pour faciliter leur nettoyage. Les lisiers font l'objet d'un traitement biologique. Enfin, des couloirs accolés le long des bâtiments autorisent les visites sans intrusion de personnes à l'intérieur des bâtiments de l'élevage.

Ce nouvel ouvrage est conçu pour réaliser des expérimentations factorielles sur la conduite et l'alimentation des animaux. La productivité numérique et le coût alimentaire sont deux facteurs déterminants pour la compétitivité des élevages. Ils constitueront les domaines d'étude privilégiés de la nouvelle station. Les travaux réalisés intègreront les aspects du bien-être animal, la protection sanitaire, l'environnement, les conditions de travail et la qualité des produits [Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor, 1998]. L'Europe, le Conseil Régional et les 4 Conseils Généraux de Bretagne sont sollicités pour financer cet investissement qui s'élève à 14 millions de francs hors taxes.

La Chambre d'agriculture n'échappe pas aux réglementations environnementales en vigueur. Un dossier d'autorisation pour exploiter une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement [ICPE] est élaboré par les services de la Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor. Achevé en avril 1998, il est prêt à être déposé auprès des instances administratives.

4.1.3 La contestation du projet, le rejet du modèle agricole breton

Ce dossier ICPE n'a pas été soumis à consultation pour plusieurs raisons :

- Il est assujetti à l'autorisation du propriétaire de la ferme de *Crécom :* le Conseil Général des Côtes d'Armor. Cet accord n'a pas été donné. La prise en charge d'une partie de l'investissement est donc compromise, entraînant des réactions en chaîne auprès des autres partenaires sollicités pour son financement. Signalons ici qu'à la fin des années 1990 et au début des années 2000, l'évolution de la filière porcine dans les Côtes d'Armor fait largement débat. Le Président du Conseil Général propose même le 31 janvier 2001 *une convention pour la filière porcine bretonne qui regrouperait producteurs, groupements, abatteurs transformateurs, pouvoirs publics, élus et associations, etc.* [Le Douar, 2001]. A charge pour elle de définir un programme d'actions que le Président du Conseil Général appelle *Le compromis breton*. Les grandes lignes seraient *la mise aux normes environnementales, la certification des élevages, (…) et l'orientation de la recherche appliquée, tout particulièrement sur la ferme de Crécom,* où l'expérimentation de nouvelles formes d'élevage est souhaitée. Il insiste sur *la nécessité d'anticiper, de préparer les défis de demain et porter ces propositions auprès de la commission européenne* [Lebreton, 2001].
- Les associations environnementalistes n'acceptent pas non plus le projet de reconstruction de cette station qu'ils jugent trop conventionnel. Le Réseau *Cohérence*, rassemblant des syndicats et des mouvements agricoles (la Confédération paysanne, le Centre d'Etudes pour le Développement d'une Agriculture Plus Autonome, le Réseau Agriculture Durable, etc.), des associations de consommateurs (l'Union Fédérale des Consommateurs, la Confédération Nationale du Logement et de la Consommation, etc.) et de protection de l'environnement (la Société pour l'Etude et la Protection de la Nature en Bretagne, Eau et Rivière, etc.) le font savoir à l'occasion d'une manifestation à la ferme de *Crécom* le 11 juin 1998. Les détracteurs de la reconstruction de la

station soulignent *qu'une demande d'autorisation d'augmentation de la taille d'un élevage dans un territoire en ZES est difficilement acceptable,* même pour des raisons expérimentales. Ils ne veulent pas *d'un outil faisant la promotion de l'élevage sur lisier,* considéré comme polluant*, mais plutôt un élevage lié au sol permettant l'introduction des fumiers dans les systèmes de culture et la valorisation des produits à travers des démarches de certification. Les agriculteurs ont besoin d'un centre de recherche pour acquérir les techniques d'une agriculture durable. Ce projet répondra alors aux nouvelles attentes de la Société, permettra l'installation des jeunes et la transmission des élevages entre les générations* [Le Douar 1998 ; Queillé, 1998]. Le *Réseau Cohérence* proposera par la suite une étude d'orientation de l'atelier porcin de la ferme de *Crécom* [Pondaven, 2000]. Elle suggère un repositionnement du projet et invite les Chambres d'agriculture de Bretagne à tenir compte des attentes de la Société. Elle propose de placer la station au cœur d'un réseau de fermes de références, dans le cadre d'un Plan de Développement Durable [Pondaven, 2000]. Cette étude reçoit l'assentiment des partenaires du PDD, le Conseil Général des Côtes d'Armor et le Ministère de l'Agriculture [Anonyme, 2000].

C'est dans un contexte mouvant et potentiellement conflictuel que le pilotage du projet m'a été confié le 31 décembre 1998 par le Président et le Directeur de la Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor. Vingt six réunions techniques, scientifiques et administratives permettent au cours de l'année 1999 d'aménager le projet initial afin de le rendre plus conciliant (deuxième étape du projet) : diminution de la taille du troupeau, truies gestantes en liberté, litière en engraissement, traitement biologique remplacé par du compostage, etc.. Ces modifications sont soumises pour avis à des experts des Instituts de recherche en mars 2000.

L'évaluation de l'AFSSA-ANSES du 4 avril 2000 est la suivante : *L'élevage de Crécom doit être unique et se démarquer nettement* des unités existantes *: Romillé (*station nationale de l'IFIP inaugurée en 1997), *Guernévez* (station du réseau régional des Chambres d'agriculture de Bretagne) et *Les Trinottières* (station de la Chambre régionale d'agriculture des Pays de la Loire). La conception de l'outil est proche de celle de l'Association Générale des Producteurs de Maïs (AGPM) de Pau-Montardon (64). Le projet est perçu par les partenaires professionnels comme étant un *bis répétita* d'outils existants ailleurs. L'expertise souligne *qu'une station expérimentale à Crécom doit permettre l'évolution (…) voire la naissance de nouveaux systèmes* et contribuer à définir de nouvelles conditions d'élevage qui prennent en compte *la santé et le bien-être des animaux, la protection de l'environnement, la salubrité de la viande et de l'économie*. Ils proposent la conception d'une *station pilote pour un système de production porcine alternatif au système intensif conventionnel*.

4.1.4 Vers une *expérimentation système*

Ces constats et avis conduisent à la refonte complète de l'étude (troisième étape du projet). Six réunions techniques le reconfigurent vers un dispositif nouveau : une *expérimentation système* [Chambres d'agriculture de Bretagne, 2001b]. Il est

dirigé vers l'évaluation d'itinéraires techniques et de leurs pratiques. Cette orientation est actée le 22 août 2000 par les élus de la Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor. Ce nouveau projet, présenté préalablement aux experts scientifiques de l'INRA, de l'AFSSA-ANSES et de l'IFIP le 29 août 2000 ainsi qu'au Directeur du Service départemental de l'agriculture et de l'environnement du Conseil Général des Côtes d'Armor le 28 septembre 2000, est accueilli favorablement. Les aménagements apportés aux deux projets initiaux vont être intégrés au nouveau dispositif, lequel sera développé jusqu'au 31 décembre 2003.

La configuration des systèmes d'élevage, dont les résultats sont rapportés dans cette thèse, est conduite dans le cadre d'une démarche participative en trois étapes successives : la conception, la conduite et l'évaluation des systèmes. Une équipe pluridisciplinaire d'experts travaille sur ce projet entre le 28 septembre 2000 et le 31 décembre 2005. Organisée en 4 groupes thématiques formés chacun de plusieurs sous-groupes, elle réunit des agents des Chambres d'agriculture de Bretagne, des Instituts de recherche publique, des Instituts techniques, des organisations professionnelles agricoles et de l'administration. Le groupe projet est guidé dans ses orientations et ses choix par un comité professionnel. Au total, plus de 90 réunions sont nécessaires à la définition et à la mise en œuvre du nouveau dispositif.

4.2 La conception du dispositif expérimental

La définition et la hiérarchisation des buts poursuivis par les systèmes d'élevage constituent l'étape préalable à leur conception. Dans le cas présent, ils poursuivent les trois objectifs du développement durable : ils doivent être viables, vivables et reproductibles. Leur prototypage est un vaste compromis se positionnant dans le temps et dans l'espace. Une fois effectué, des itinéraires techniques combinant des modes de logement et d'alimentation différents peuvent être élaborés. Nous présenterons dans ce chapitre les étapes de la conception du dispositif expérimental et les grandes caractéristiques techniques des systèmes. Puis nous exposerons les relations qu'ils entretiennent avec leur environnement.

4.2.1 Les objectifs : Vers des modes de production plus durables

L'agriculture mondiale est confrontée à des enjeux dont l'importance ira croissante avec l'augmentation de la population et les conséquences du changement climatique. Nourrir 9,5 milliards d'individus en 2050 va nécessiter une croissance de la production agricole, qu'elle soit végétale ou animale. Cet accroissement devra profiter à tous, notamment aux plus démunis. Elle ne devra pas se faire au détriment de la qualité sanitaire et gustative des produits, de la préservation de l'environnement ni du respect du bien-être des animaux.

Par ailleurs, les principes fondateurs du développement durable interrogent le monde agricole en l'invitant à considérer la transmission des ressources du milieu naturel aux générations futures. L'accroissement de la productivité dans les pays développés, opéré au cours des dernières décennies, est réalisé grâce à l'utilisation de nouveaux facteurs de production, parmi lesquels figure une mobilisation accrue des énergies fossiles. L'artificialisation des conditions de culture et d'élevage, justifiée par la pertinence économique, est remise en cause depuis une dizaine d'années en raison des impacts environnementaux. La dégradation de la qualité

des eaux par la mise en oeuvre de pratiques de fertilisation azotée intensives en est un exemple. Le développement durable, prenant acte de cette situation, devra placer la pérennité des ressources naturelles au centre des activités de production.

Dans ce contexte de plus en plus concurrentiel, la recherche doit contribuer à la création de systèmes d'élevage porcins durables. Nous faisons l'hypothèse que cette durabilité pourra être obtenue :

- En structurant les systèmes d'élevage selon les caractéristiques de l'exploitation et du territoire dans lequel ils s'intègrent.
- En adoptant toutes les innovations techniques permettant de limiter les externalités négatives qu'ils génèrent.
- En les peuplant avec des animaux d'un haut statut sanitaire et en adoptant des règles de conduite limitant les dérives de ce statut.
- En les concevant de telle sorte qu'ils n'engendrent pas à un accroissement du temps de travail ni une diminution insupportable du revenu.
- En produisant des animaux sous un signe de qualité.

Les modes d'élevage permettant la production de porcs sous les signes de qualité Label rouge ou Agriculture Biologique auraient pu être le cadre réglementaire de la configuration des systèmes mis en comparaison. Il nous paraissait clair que cela ne pouvait pas constituer, au moins dans un premier temps, une solution pour la majorité des éleveurs en Bretagne. Ils représentaient moins de 5% des volumes commercialisés en France. Il s'agissait de sensibiliser la grande majorité des éleveurs à de nouvelles techniques qui concourent à une réelle diminution des perturbations des écosystèmes et améliorent la perception du public à leur égard. De surcroît, des évolutions aux cahiers des charges Label rouge et Agriculture Biologique sont pressenties à l'époque de la configuration des systèmes d'élevage. Elles ont été confirmées par la suite. C'est pour cette raison que le comité de pilotage du projet a plutôt choisi de concevoir des systèmes permettant la production de porcs sous Certificat de Conformité de Produit (CCP).

4.2.2 La définition sous contraintes de deux systèmes s'élevage

Les contraintes environnementales de la ferme de *Crécom* et les attentes de l'ensemble des opérateurs de la filière porcine bretonne en matière de recherche vont largement conditionner la configuration du dispositif.

La taille de l'élevage est ajustée à l'existant en janvier 2002 : 135 truies présentes et 2 480 porcs charcutiers commercialisés par an. Seuls 75% des animaux nés sont élevés sur la station, les 25% restants sont vendus à 8 ou 25 kg de poids vif [Chambres d'agriculture de Bretagne, 2002]. Ce choix est dicté par le règlement n'autorisant pas l'augmentation du cheptel des élevages dans les Zones en Excédent Structurel (ZES), hormis ceux relevant des Exploitations à Dimension Economique Insuffisante (EDEI). Compte-tenu du nombre d'animaux présents sur l'exploitation en plus des porcs (120 vaches laitières et allaitantes), une augmentation du volume de production n'était pas recevable par l'administration ni par les éventuels détracteurs du projet.

Tableau 4.1 - Innovations techniques développées au cours des trois étapes de la construction du dispositif expérimental.

	Etape 1	**Etape 2**	**Etape 3**
Période	**1994 - 1999**	**1999 - 2000**	**A partir de 2000**
Nombre de truies présentes	164	135	135
Conduite de l'élevage			
Nombre de bandes	7	7	3
Nombre de truies/bande	20	17	19
Type d'expérimentation			
Essais factoriels	Oui	Oui	Oui
Expérimentation système	Non	Non	Oui
Modulation des âges et poids			
Au sevrage	21 à 28 jours	21 à 28 jours	21 à 42 jours
A la sortie de post-sevrage	35 à 56 jours	35 à 56 jours	35 à 42 jours
A la vente	203 jours maxi	203 jours maxi	210 jours maxi
Bien-être animal			
Truies gestantes en liberté	Non	Oui	Oui
Caillebotis et litière	Non	Oui	Oui
Surface plus large sur caillebotis	Non	Non	Oui
Nature des effluents			
Lisier	Oui	Non	Non
Lisier frais	Non	Oui	Oui
Fumier	Non	Oui	Oui
Protection sanitaire			
Séparation des zones	Oui	Oui	Oui
Marche en avant	Oui	Oui	Oui
Protection de l'environnement			
Traitement biologique	Oui	Non	Non
Compostage	Non	Oui	Oui
Exportation	Non	Non	Oui
Communication			
Couloir de visite	Oui	Oui	Oui

La taille du troupeau de truies, contrainte par ces dispositions réglementaires, ne permet pas de mettre à l'épreuve plus de deux systèmes opérants. Un système d'élevage sur litière accumulée (LI) et un autre plus conventionnel sur caillebotis équipé d'un dispositif d'évacuation des effluents sous le plancher des salles (CI) sont adoptés. Plusieurs raisons expliquent le choix d'une différenciation établie sur le type de sol et le mode de gestion des effluents :

- La recherche renvoie fréquemment l'image d'investigations vouées uniquement à l'élevage sur caillebotis. Or, il existe des voies parallèles de production dites alternatives, comme l'élevage des porcs sur litière. Elles sont souvent plébiscitées par les consommateurs et par les associations de protection de l'environnement. Elles peuvent être complémentaires, à l'échelle du territoire, d'élevages plus conventionnels. En effet, les fumiers sont plus facilement transportables et exportables que les lisiers en dehors des ZES. De même, l'élevage sur litière constitue une solution pour résorber à moindre coût de petits excédents structurels. Le fumier a un effet bénéfique sur la structure du sol et son incorporation dans les rotations peut s'avérer judicieux, tout particulièrement dans les exploitations céréalières. Enfin, la conception d'un système opérant sur litière permettra d'apporter des références aux éleveurs commercialisant leurs produits sous signes de qualité Label rouge ou Agriculture Biologique.
- Jusqu'à l'avènement de la Maladie d'Amaigrissement du Porcelet (MAP) en 1997 et ses conséquences sur l'augmentation dramatique des taux de pertes en post-sevrage et en engraissement, l'impact du lisier stocké dans des pré-fosses sous les caillebotis sur la santé des animaux avait suscité assez peu d'interrogations. Depuis, la vidange du lisier entre deux lots successifs d'animaux apparaît essentielle. Dans certains cas, le nettoyage des fosses est préconisé. L'évacuation fréquente des effluents dans les bâtiments d'élevage permet de diminuer les nuisances olfactives et les émanations de gaz. Ces arguments ont conditionné la conception du deuxième système opérant : les effluents sont collectés sous forme de lisier. Les déjections sont évacuées dans les pré-fosses grâce à un procédé mécanique de raclage à plat. Elles sont dirigées vers des collecteurs situés à l'intérieur des salles, sous les caillebotis. Ces derniers sont vidés régulièrement de leur contenu et l'effluent est conduit par gravité vers des cellules de stockage extérieures, situées à la périphérie du dispositif.

Le tableau 4.1 reprend les principales évolutions techniques développées au cours des trois étapes de l'étude.

La ferme de *Crécom* est soumise à l'obligation de traitement et au transfert de ses déjections. Les caractéristiques des sols et les conditions climatiques de l'exploitation sont particulièrement favorables à la production de l'herbe, pâturée par les 120 vaches de la ferme. Les surfaces cultivées en céréales étant limitées, la recherche de l'autonomie alimentaire et en paille est écartée.

Figure 4.2 - Deux systèmes d'élevage indépendants organisés en 6 niveaux.

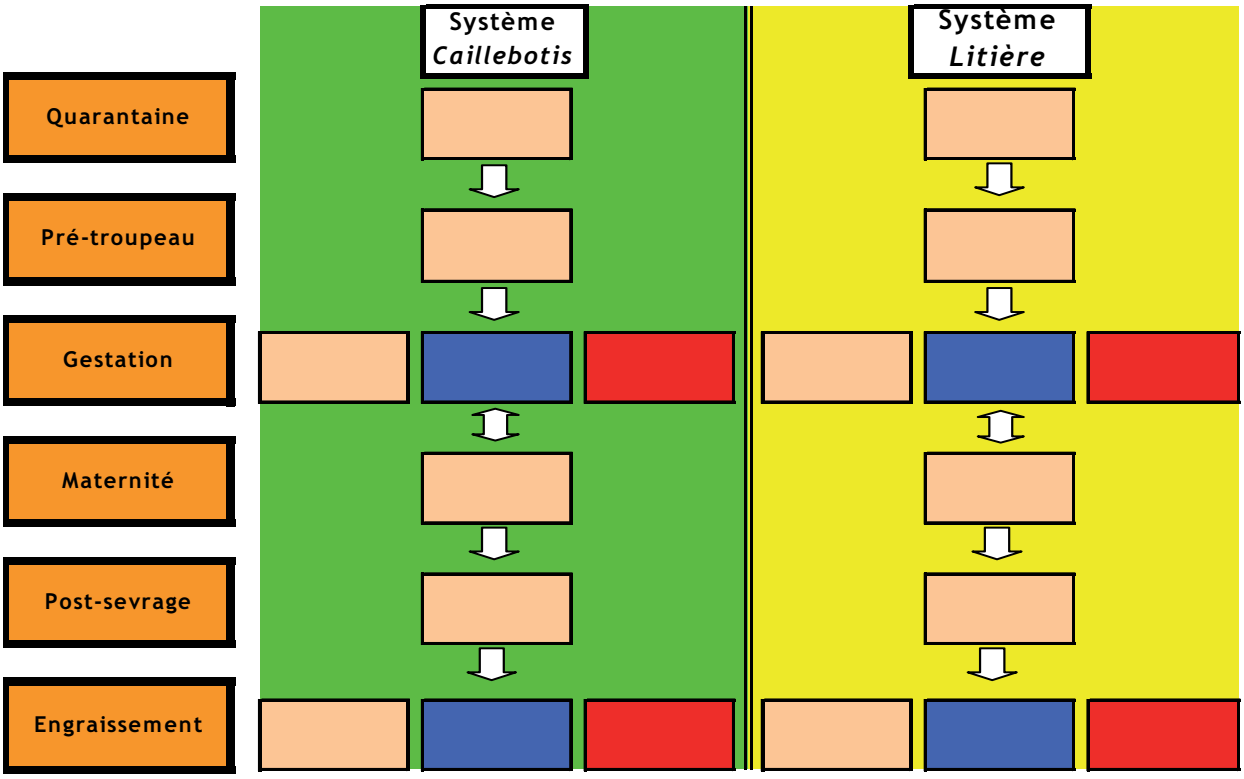
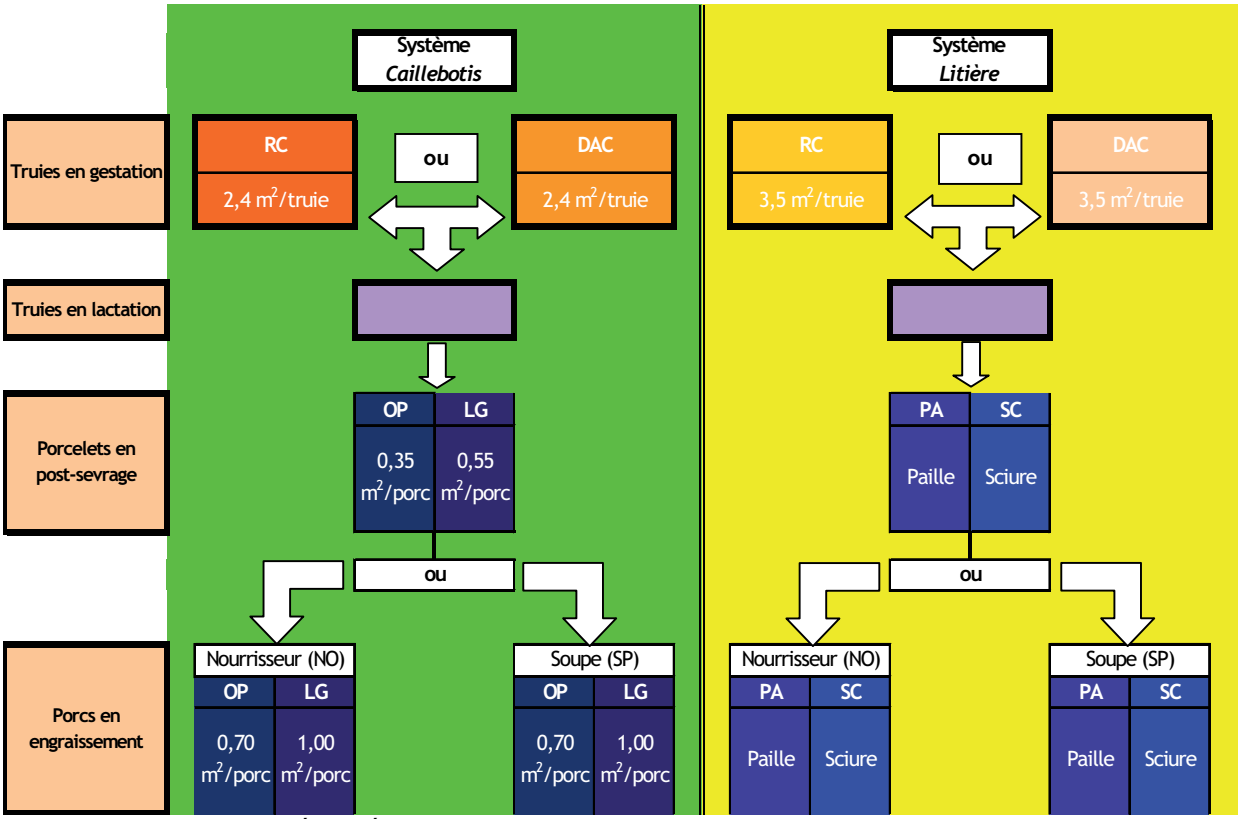


Figure 4.3 - La diversité des modes de logement et d'alimentation.



DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.
PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.

Conjointement à la définition des deux systèmes opérants en production porcine, une réflexion est engagée sur l'orientation de l'atelier laitier de l'exploitation vers une station nationale de recherche appliquée en production biologique [Lossouarn et Disenhaus, 1999]. En interdisant l'utilisation de déjections animales ne provenant pas d'un atelier en Agriculture Biologique (AB) à compter du 1er janvier 2005, le cahier des charges AB a conditionné l'utilisation des terres de la ferme, la configuration du dispositif et son degré d'autonomie.

En définitive, les systèmes ne sont pas uniquement le résultat d'aspirations techniques et scientifiques. Le projet s'intègre dans l'espace, le système d'exploitation de la ferme de *Crécom* et le territoire. Il se positionne dans le temps, toutes transformations et/ou perturbations d'un des paramètres du système entraînent des réactions en chaîne ayant nécessairement un impact sur les autres éléments qui le constituent. Les contraintes réglementaires, politiques, culturelles et financières ont largement pesé sur la conception du dispositif, l'approche étant complexe et les équations parfois compliquées à résoudre.

4.2.3 La diversité des modes d'élevage intra-système

Chaque système d'élevage est une entité indépendante organisée en 6 niveaux (Figure 4.2). Une salle de quarantaine accueille les cochettes servant au renouvellement des truies des bandes. Une salle de pré-troupeau reçoit les jeunes truies avant leur incorporation dans les bandes au moment du sevrage. Des modules de gestation hébergent des animaux gravides et celles de maternité des truies en lactation. Les porcelets sont élevés dans des cellules de post-sevrage après la séparation de leur mère puis sont conduits dans des salles d'engraissement.

Les salles de quarantaine sont identiques et conçues sur litière de paille quel que soit le système d'élevage. En effet, les contraintes d'évacuation des effluents liquides ne permettaient pas de réaliser un bâtiment sur caillebotis. Les animaux n'ont pas la possibilité de s'isoler de leurs congénères dans ce bâtiment. En l'absence de recommandations fiables concernant la conception des salles de maternité sur litière, les animaux des deux systèmes sont élevés dans des salles identiques sur caillebotis.

D'un point de vue méthodologique, si deux niveaux suffisent pour mettre en évidence l'influence d'un facteur, il faut toujours disposer d'au moins trois niveaux pour identifier un éventuel optimum. D'une façon générale, le nombre de niveaux sera toujours aussi élevé que possible, même si en conséquence le nombre de répétitions pour chacun des niveaux est réduit [Dagnélie, 1993]. C'est la raison pour laquelle les truies en gestation et les porcs en croissance sont élevés selon plusieurs modes de logement et d'alimentation (Figure 4.3). Ils sont largement représentés sur le terrain et font l'objet de questionnements de la part des éleveurs :

- Pendant la gestation - entre le sevrage et l'entrée en maternité – les truies sont logées en groupes soit dans des cases de 4 à 8 individus équipées de réfectoire et d'une aire d'exercice (RC), soit dans une case de 24 individus équipée d'un automate de distribution d'aliments et d'abreuvoirs (DAC).

Figure 4.4 - Représentation du dispositif expérimental, engraissement système *Litière* (15/10/2007).



- Chaque loge de post-sevrage et d'engraissement des salles sur caillebotis accueillent 11 animaux. Ces derniers sont élevés suivant deux modalités de surface : surface optimale relativement aux normes actuelles (OP) et surface accrue de 33% en moyenne (LG). Sur litière, les animaux sont conduits en post-sevrage et en engraissement sur deux types de support meuble dans des loges de 42 individus : paille (PA) et sciure de bois séchée et dépoussiérée (SC). En post-sevrage, les porcelets sont alimentés à sec et à volonté. Les lots de porcs reçoivent en engraissement soit une alimentation sèche au nourrisseur (NO), soit humide sous la forme de repas journaliers de soupe (SP).

Au final, les itinéraires techniques mis en comparaison sont les suivants :

- Quatre itinéraires techniques pour la partie naissage (gestation et lactation) : deux types de sol (LI contre CI) x deux types d'aménagement de cases (DAC contre RC).
- Quatre itinéraires techniques pour la partie post-sevrage : deux types de sols (Litière contre Caillebotis) x deux types de cases (Op contre LG ou PA contre SC).
- 8 itinéraires techniques pour la partie engraissement : deux types de sols (LI contre CI) x deux types de cases (OP contre LG ou PA contre SC) x deux types d'alimentation (NO contre SP).

Leur diversité permet de tester les interactions entre les modes de logement (nature du sol et surface offerte aux animaux) et d'alimentation (alimentation sèche, sous la forme de repas de soupe et accès libre ou programmé à heure fixe).

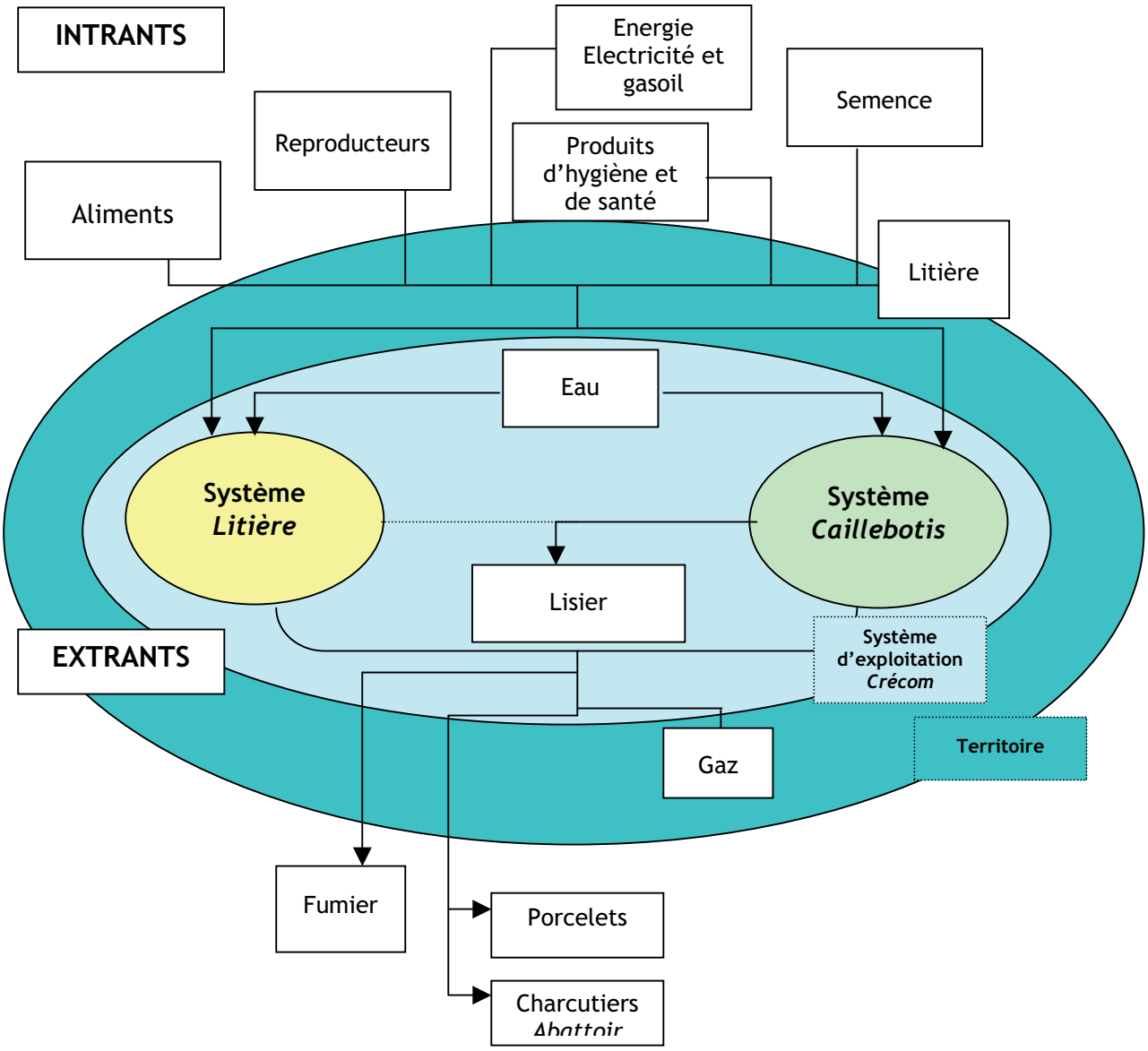
4.2.4 Des bâtiments de conception traditionnelle

Pour limiter l'inertie des parois, les déperditions de chaleur, l'effet des amplitudes de température extérieure sur les conditions d'élevage, toutes les cloisons et les rampants des toitures des bâtiments sont isolés thermiquement. Les fenêtres possèdent un double vitrage. Quel que soit le système d'élevage, l'ensemble des matériaux mis en œuvre à l'occasion de la construction du dispositif est de même nature : sous-bassement en béton banché, panneaux en béton isolés, etc.. La conception des bâtiments est traditionnelle (Figure 4.4).

Une régulation consignée, stable et continue de la température est recherchée. A l'exception de la quarantaine ne disposant d'aucun système de climatisation asservi, les salles sont équipées de ventilateurs permettant le renouvellement adéquat de l'air. Leur débit minimum est contrôlé et respecte les recommandations des Chambres d'agriculture de Bretagne et de l'IFIP [2008]. Les modules de maternité et de post-sevrage des deux unités disposent d'un dispositif de chauffage de l'air ambiant pour maintenir des conditions thermiques confortables.

Les salles sur caillebotis présentent des caractéristiques spécifiques. Elles sont fermées. Un plafond plat perforé est disposé à 2,6 m au-dessus du plancher. Les perforations assurent l'entrée de l'air dans les salles qui est ensuite extrait par aspiration à partir des pré-fosses. Les salles de gestation sont équipées de dispositifs de chauffage pour apporter aux animaux un confort supplémentaire et

Figure 4.5 -Le dispositif expérimental dans son environnement.



maintenir des sols secs. En maternité et en post-sevrage, les déjections sont stockées dans des pré-fosses sous les caillebotis. Toutes les autres cellules sont équipées de racleurs, les déjections sont évacuées vers des collecteurs situés sous les caillebotis à l'intérieur des salles.

Concernant les salles sur litière, elles sont de type *grand volume*. L'air entre dans les salles par des gaines (salles de pré-troupeau, gestation, post-sevrage) ou par des volets (salles d'engraissement) et est extrait par des ventilateurs disposés à 3,6 m du sol. Les dallages des post-sevrage et d'engraissement sur sol sciure sont isolés du sol par une épaisseur de polystyrène (5 cm environ). Outre l'amélioration du confort des animaux, cet élément de conception est mis en œuvre pour prévenir ou limiter les phénomènes de condensation pouvant être préjudiciables à la tenue des litières. Le local de pré-troupeau et les salles de gestation communiquent vers l'extérieur par un portail pouvant être ouvert au cours de la journée. En engraissement sur litière de paille, les ouvertures peuvent être toutes ou en parties obstruées par des bâches en fonction des conditions de température extérieure tandis que sur sol sciure les salles sont fermées par des portails.

4.2.5 Un dispositif ouvert sur son environnement

Les deux systèmes d'élevage sont par définition ouverts. Ils entretiennent des relations avec leur environnement (Figure 4.5). Traversés par des flux (intrants), ils génèrent des produits (extrants). Ces entrées et sorties sont présentées dans cette section.

Les intrants

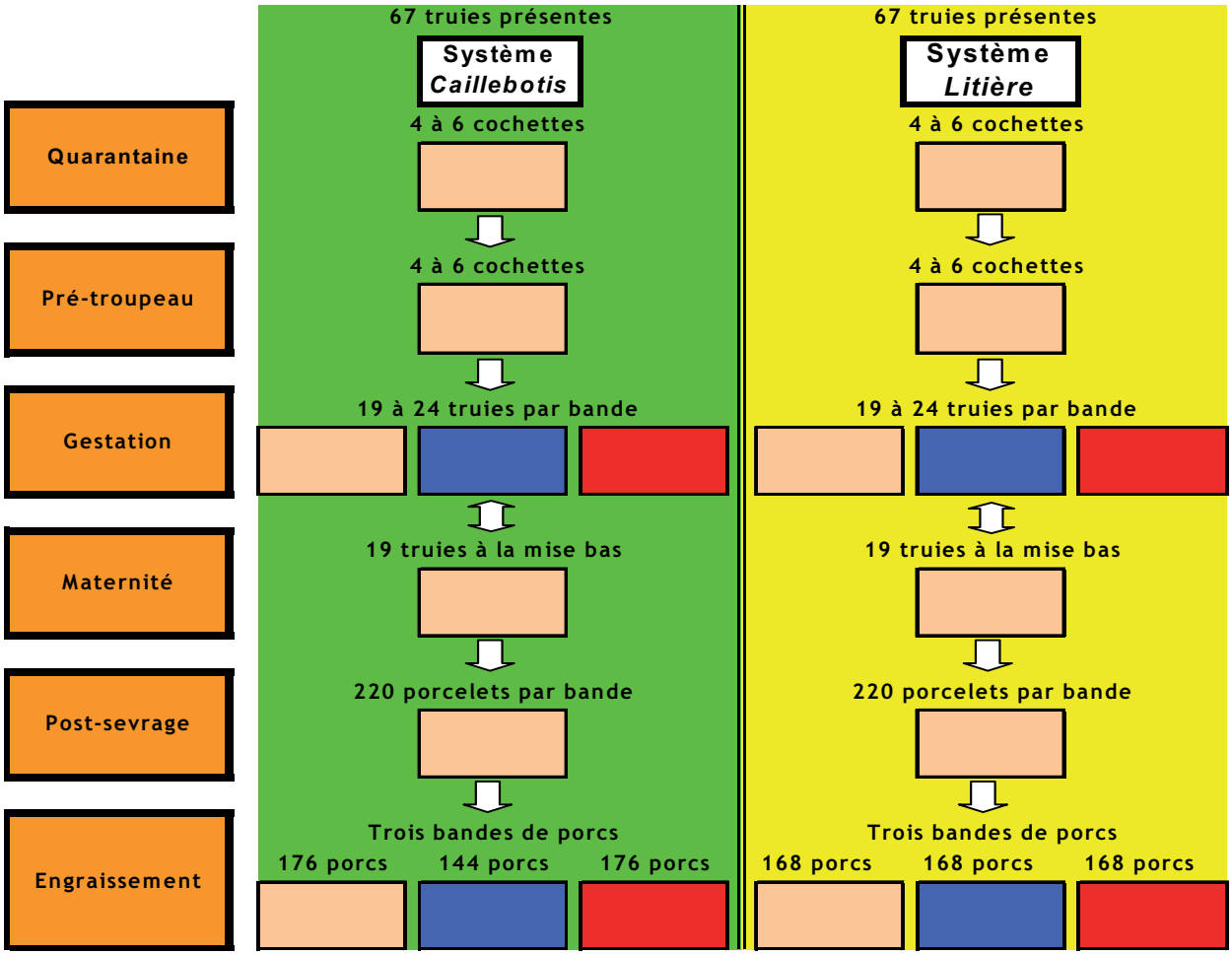
Ils sont au nombre de 6. L'électricité est fournie par l'entreprise EDF. Le carburant nécessaire au fonctionnement de l'engin de manutention des litières est du gasoil. Les produits d'hygiène et de santé sont homologués.

Le peuplement et le renouvellement des deux unités sont assurés par des truies provenant d'un élevage de multiplication. Elles ne sont pas produites par les deux unités. Les cochettes servant au renouvellement des animaux des bandes sont incorporées à 110 kg de poids vif. Les reproductrices sont inséminées avec de la semence de verrats issus d'un Centre d'Insémination Artificiel (CIA).

L'eau destinée à l'abreuvement provient d'un forage établi sur le site de l'exploitation. Impropre à la consommation, elle est traitée au chlore avant d'être distribuée. Son degré hydrotimétrique est augmenté (pH 4 à 7) afin de protéger les équipements.

Les animaux des deux unités reçoivent les mêmes aliments de gestation, de lactation, 1er âge, 2ème âge, *Croissance* et *Finition*. Ils respectent les recommandations nutritionnelles du Corpen [2003]. Fabriqués par des entreprises spécialisées, leurs valeurs sont calculées à partir des tables de composition des matières première établies par l'INRA et l'Association Française de Zootechnie [Sauvant *et al.*, 2002]. Leurs compositions sont connues à chaque livraison. Conformément au cahier des charges relatif à la commercialisation des animaux sous Certificat de Conformité de Produit, l'incorporation de certaines matières

Figure 4.6 - Les effectifs par stades physiologiques.



premières est proscrite et ils ne contiennent aucune supplémentation en antibiotique.

Les pailles sont produites en dehors du système d'exploitation de la ferme de *Crécom*. La litière de sciure utilisée en post-sevrage et en engraissement est issue d'épicéas du nord de l'Europe provenant de scieries localisées dans le grand ouest de la France.

Les extrants

Des porcelets de 8 kg et de 25 kg de poids vif en surplus par rapport à l'autorisation administrative sont élevés à l'extérieur du dispositif expérimental chez des éleveurs spécialisés dans l'engraissement. Les porcs charcutiers produits sur le site sont commercialisés sous signe de qualité CCP *Cochon de Bretagne*. Nés et élevés en Bretagne, les porcs *Cochon de Bretagne* s'inscrivent dans une tradition liée à un terroir et à des hommes. Ces derniers s'engagent à produire une viande de qualité et à respecter les contraintes réglementaires en matière d'environnement [Picard, 2011]. La charte de qualité, créée en juillet 2000, fixe des règles de traçabilité, de l'élevage jusqu'à l'assiette du consommateur [Anonyme, 2008b]. Les animaux sont abattus entre 115 et 120 kg de poids vif sans règle d'âge minimum à l'abattage.

Compte tenu de la part importante de pâture dans l'assolement de la ferme de *Crécom* et de la facilité des épandages du lisier, les effluents produits par le système *Caillebotis* et par les bovins sont valorisés sur le parcellaire de l'exploitation (124,4 hectares). Le fumier du système *Litière* est composté et exporté vers des cantons ou la pression d'azote organique est inférieure à 140 kg par ha de Surface Potentiellement Epandable (SPE). La conception d'une partie du dispositif sur litière permet de résorber à moindre coût les éléments fertilisants produits par cet élevage de taille modeste, soumis à une obligation de traitement.

4.3 Le fonctionnement des systèmes d'élevage : Les *Règles de Décisions* ou RdD

Les systèmes d'élevage poursuivent des objectifs de production eux-mêmes assujettis à des règles de qualité sanitaire des produits, de préservation de l'environnement et de respect du bien-être des animaux. Ils sont conduits suivant des *règles de décisions* multicritères formalisant leur pilotage. Les *règles d'actions* qui guident les prises de décisions au quotidien ne font pas l'objet de développement spécifique dans ce chapitre pour éviter de complexifier sa compréhension. Signalons qu'elles sont communes aux deux systèmes et sont appliquées simultanément dans les mêmes dispositions.

4.3.1 La conduite en bande des systèmes d'élevage

Le dispositif expérimental est constitué de deux entités comportant chacune 67 truies présentes. Compte tenu de l'effectif limité de truies, la répartition des animaux dans 7 bandes s'est rapidement avérée peu adaptée. Les effectifs par cohorte sont réduits (10 truies par bande à la mise bas et par système) et limitent la puissance expérimentale du dispositif. La diminution du nombre de bandes de truies, de 7 à trois, a permis d'augmenter les effectifs par cohorte, de 10 à 19 reproductrices à la mise bas (Figure 4.6).

Intra-système et toutes les 7 semaines, une cohorte de 19 truies est transférée dans les salles de maternité 10 jours avant la date prévue de la parturition (Figure 4.6). Trente quatre jours plus tard, les porcelets sont sevrés après 28 jours de lactation. Les jeunes animaux sont expédiés dans des salles de post-sevrage tandis que leurs mères rejoignent une des trois salles de verraterie/gestante.

Quatre à 6 cochettes par système sont incorporées dans chaque bande au moment du sevrage, après un séjour de 6 semaines en quarantaine et de trois semaines dans un local de pré-troupeau (Figure 4.6). Les salles de quarantaine, de maternité et de post-sevrage sont occupées par une seule bande d'animaux tandis que trois bandes de truies peuvent cohabiter dans celles de verraterie/gestante.

Les porcelets sont expédiés en engraissement après 36 jours de présence en post-sevrage (220 places par système, figure 4.6). Trois bandes de porcs cohabitent en engraissement, autorisant ainsi une durée d'occupation maximale des salles de 205 jours.

Les deux systèmes d'élevage sont synchronisés de telle sorte que les truies des bandes élevées pendant la gestation sur caillebotis mettent bas la même semaine que celles sur litière. Les transferts de porcelets vers les salles de post-sevrage et d'engraissement ont lieu simultanément.

4.3.2 Le statut sanitaire des reproducteurs

Le peuplement et le renouvellement des deux unités sont assurés par des truies croisées *Large White* x *Landrace* et des verrats *souffleurs* de haut statut sanitaire provenant d'un seul élevage de multiplication localisé dans la Manche (50). Ce dernier est équipé d'un système permettant de filtrer de l'air avant son entrée à l'intérieur des bâtiments. Les animaux sont convoyés depuis l'élevage de multiplication vers le dispositif expérimental par un véhicule équipé d'un système de filtration de l'air de telle sorte que les animaux ne soit pas en relation directe avec l'air ambiant qu'à l'arrivée en quarantaine.

Les animaux sont indemnes de SDRP et de grippes, de mycoplasma hyopneumoniae, d'haemophilus parasuis et d'actinobacillus pleuropneumoniae S2 et S9. L'élevage de multiplication est exempt de symptômes de rhinite, de MAP, de dermatite néphropathie, de streptocoque de type 2, de salmonellose, d'iléite et d'infection par brachyspira hyodysenteriae. Enfin, les animaux produits par cet élevage de multiplication ne sont pas vaccinés contre la rhinite ni le streptocoque de type 2.

Toutes les truies du dispositif sont inséminées avec de la semence de verrats croisés *Large White x Piétrain* issus d'un Centre d'insémination artificiel (CIA) localisé dans la Loire-Atlantique (44). A l'image de l'élevage de multiplication, l'air est filtré avant l'entrée dans les bâtiments. Le CIA héberge des géniteurs dont le statut sanitaire est analogue à celui des reproducteurs du dispositif.

Les *règles de décisions* relatives à l'origine et au niveau sanitaire des reproducteurs sont dictées par des contraintes expérimentales. Il s'agit de disposer de garantie sanitaire propre à l'état de santé des reproducteurs et à la semence des verrats. L'avènement de pathologie serait préjudiciable au travail de comparaison puis

Tableau 4.2 - Description des modes de logement et d'alimentation – Troupeaux de truies.

	Quarantaine	Pré-troupeau		Gestation				Lactation
		Système *Litière*	Système *Caillebotis*	Système *Litière DAC*[1]	Système *Litière RC*[1]	Système *Caillebotis DAC*[1]	Système *Caillebotis RC*[1]	
Durée moyenne d'occupation (j)	42	21	21	105	105	105	105	38
Conception des salles								
Nature du sol	Litière	Litière	Caillebotis	Litière	Litière	Caillebotis	Caillebotis	Caillebotis
Accès[2]	Ouvert	Ouvert	Fermé	Ouvert	Ouvert	Fermé	Fermé	Fermé
Modalités d'élevage des animaux								
Modes de conduite	Liberté	Liberté	Liberté	Liberté	Liberté	Liberté	Liberté	Entravé
Nombre de places par salle	8	15	17	24	24	24	24	10
Nombre d'animaux par groupe	4 à 6	4 à 6	4 à 6	24	4 à 8	24	4 à 8	-
Surface minimale, m^2/truie								
Courette	3,5	1,5	0,7	3,5	2,5	2,5	1,5	-
Réfectoire	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,1
Volume, m^3/truie	21,1	19,7	11,7	28,4	24,1	8,3	12,3	22,2
Ventilation et température								
Renouvellement de l'air	Naturel	Régulé	Régulé	Régulé	Régulé	Régulé	Régulé	Régulé
Puissance de chauffage, Watts/truie	160	-	230	-	-	250	250	250 à 500
Consignes de température, °C								
Ventilation	-	19	19	19	19	19	19	20
Chauffage	19	-	20	-	-	20	20	24 à 26
Distribution d'aliment								
Nombre de distribution par jour	2	2	2	Accès libre	2	Accès libre	2	2
Heures des repas	9h/17h	8h15/16h30	8h15/16h30	8h à 00h	8h15/16h30	8h à 00h	8h15/16h30	8h30/16h45
Distribution d'eau								
Nombre de distribution par jour	Accès libre	4	4	Accès libre	4	Accès libre	4	2/Accès libre
Nombre d'abreuvoirs par case	2	-	-	2	-	2	-	1
Heures des repas	-	8h15/9h30 16h30/17h	8h15/9h30 16h30/17h	-	8h/10h30 16h30/19h	-	8h/10h30 16h30/19h	9h et 17h30
Quantités distribuées, l/truie/j	-	12	12	2,8	12	2,8	12	-

[1]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
[2]Les salles sont ouvertes selon les conditions thermiques ou continuellement fermées sur l'extérieur.

d'optimisation des itinéraires techniques. Il pourrait être responsable d'interactions difficilement interprétables. Enfin, il s'agit de placer le dispositif dans des conditions *a priori* optimum pour ne pas avoir à utiliser d'antibiotique.

4.3.3 La mise en lots des animaux

A l'occasion du peuplement du dispositif expérimental, des truies en gestation sont affectées intra-portée à l'un des deux systèmes d'élevage. Par la suite, toutes les 7 semaines, 8 à 12 cochettes de 180 jours d'âge sont réparties aux systèmes *Caillebotis* et *Litière* dès leur entrée en quarantaine selon les mêmes modalités que lors du peuplement. Ces règles d'attribution préviennent les éventuels effets de l'origine paternelle et maternelle sur les résultats des comparaisons.

Trois groupes de truies primipares et multipares allotées selon leur état d'engraissement sont constitués au sevrage des truies RC, tandis que les cochettes sont élevées ensemble dans une case attenante. Les truies DAC sont conduites dans un seul groupe de 24. Entre le sevrage et l'entrée en maternité, les animaux sont logés en liberté et aucune mère n'est introduite dans les lots déjà constitués. Les reproductrices sont affectées à un seul itinéraire technique et aucun changement n'est possible au cours de leur vie.

A chaque livraison de semence, la moitié des doses de chaque géniteur est affectée au système *Caillebotis*, l'autre moitié au système *Litière*. Les truies sont inséminées à plusieurs reprises, autant que possible avec le même verrat pour la même raison que celle invoquée précédemment pour la mise en lots des truies.

Intra-système, les porcelets au sevrage sont répartis par portée entre les itinéraires techniques correspondants aux différentes modalités de surface (OP et LG) et de support meuble (PA et SC). Les portées sont attribuées dans les cases au moment du sevrage en fonction de leur poids. Les cases sur caillebotis accueillent une à deux portées tandis que celles sur litière en contiennent 4 à 5. Jusqu'à l'abattage, aucun animal supplémentaire n'est introduit dans les lots déjà constitués au moment du sevrage. Deux des trois bandes de porcs en croissance sont élevées dans cette configuration. La troisième est conduite selon d'autres modalités d'élevage permettant l'application d'un protocole expérimental de type factoriel.

4.3.4 L'abreuvement et l'alimentation

Les RdD relatives au fonctionnement des équipements d'alimentation et à la conduite alimentaire des animaux sont présentées dans cette section. Elles sont signalées dans les tableaux 4.2, 4.3 et 4.4 (ci-après) qui reprennent les principales caractéristiques techniques du dispositif.

Les dispositifs de distribution d'alimentation et d'eau

Aucun traitement collectif par des anti-microbiens incorporés systématiquement dans l'eau de boisson durant certaines périodes de la vie des porcs n'est réalisé.

Pendant la gestation - entre le sevrage et l'entrée en maternité – les bandes de truies logées en groupes dans des cases de 4 à 8 individus équipées de réfectoire (RC) reçoivent quotidiennement deux repas équivalents d'aliment distribués à heure fixe par des doseurs (8h15 et 16h30) et 4 fois trois litres d'eau chacune

Tableau 4.3 - Description des modes de logement et d'alimentation – Post-sevrage.

	Système *Litière*		Système *Caillebotis*	
Sol et surface[1]	PA	SC	OP	LG
Durée moyenne d'occupation, j	36	36	36	36
Conception des salles				
Nature du sol	Paille	Sciure	Caillebotis	Caillebotis
Accès[2]	Fermé	Fermé	Fermé	Fermé
Modalité d'élevage des animaux				
Nombre de places par salle	110	110	110	110
Nombre d'animaux par case	42	42	11	11
Surface minimale, m^2/porc	0,99	0,99	0,35	0,55
Volume, m^3/porc	3,5	3,5	1,8	1,8
Ventilation et température				
Renouvellement de l'air	Régulée	Régulée	Régulée	Régulée
Puissance de chauffage, Watt/porcelet	45	45	71	71
Température, °C				
Ventilation	23 (j 0)/20 (j 0+21)	23 (j 0)/20 (j 0+21)	27 (j 0)/23 (j 0+21)	27 (j 0)/23 (j 0+21)
Chauffage	24 (j 0)/21 (j 0+21)	24 (j 0)/21 (j 0+21)	28 (j 0)/24 (j 0+21)	28 (j 0)/24 (j 0+21)
Distribution d'aliment				
Système de distribution	Nourrisseur	Nourrisseur	Nourrisseur	Nourrisseur
Longueur de nourrisseur, cm/porc	8,7	8,7	8,7	8,7
Nombre de repas par jour	Libre	Libre	Libre	Libre
Heures des repas	-	-	-	-
Distribution d'eau				
Système de distribution	Abreuvoirs	Abreuvoirs	Abreuvoir	Abreuvoir
Nombre d'abreuvoir par case	3	3	1	1
Taux de dilution, l/kg d'aliment	-	-	-	-

[1]PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.
[2]Les salles sont fermées sur l'extérieur.

(8h00, 10h30, 16h30 et 19h00). Ce niveau d'abreuvement journalier (12 litres par truie), établi à partir des recommandations de Madec [1985], est censé limiter la production d'urine qui a un effet sur l'humidité des sols. La bande logée dans une case de 24 individus équipée d'un automate de distribution d'aliment et d'abreuvoirs (DAC) accèdent librement à leur ration quotidienne entre 8h00 et 00h00. ils ingèrent une ration humide (150 ml d'eau par dose d'aliment soit 2,8 l par truie et par jour en moyenne) en une ou plusieurs fois. Les truies ont un accès libre à de l'eau distribuée à deux abreuvoirs dont le débit est limité à 2,5 litres par minute.

Dans le local de pré-troupeau, les truies et les verrats *souffleurs* sont alimentés dans des dispositions proches de celles des truies RC. En quarantaine, les cochettes reçoivent quotidiennement deux repas d'aliment (9h00 et 17h00) versés dans une auge commune et elles accèdent librement à deux abreuvoirs.

En post-sevrage, les porcelets disposent chacun d'une longueur de nourrisseur de 8,7 cm et ont un accès permanent à de l'eau par des abreuvoirs dont le débit est limité à 1,3 litres par minute. Chaque case du système *Caillebotis* et *Litière* est équipée respectivement de un et de trois abreuvoirs.

Les lots de porcs reçoivent en engraissement soit une alimentation sèche au nourrisseur (NO), soit humide sous forme de trois repas journaliers de soupe (SP) distribués à heure fixe (6h00, 12h00 et 17h00). Les animaux élevés au nourrisseur disposent d'une place à la table de 8,7 cm par porc et d'un accès à de l'eau dans les mêmes conditions qu'en post-sevrage. Les porcs alimentés sous forme de repas de soupe (SP) disposent chacun d'une place à l'auge de 33 cm.

La conduite alimentaire des animaux

Les cochettes, les truies en gestation et les verrats *souffleurs* des deux systèmes reçoivent quotidiennement 2,9 kg d'un aliment de gestation enrichi en fibres (13,2% de MAT, 8,4 MJ d'EN n°4 par kg d'aliment, Noblet *et al.*, 1994). Les niveaux d'alimentation quotidiens appliqués aux deux troupeaux sont équivalents et suivent les mêmes règles. Durant la phase de lactation, un aliment de lactation est servi aux truies deux fois par jour (16,4% de MAT, 9,6 MJ d'EN n°4 par kg d'aliment). Les quantités distribuées augmentent progressivement après la mise bas, un plafond quotidien de 7,5 kg par truie étant atteint entre 10 et 14 jours après la parturition. La ration est ingérée sous forme sèche ou humide en maternité, de l'eau est apportée manuellement dans l'heure qui suit chaque distribution pour les inciter à s'abreuver. Les aliments de gestation et de lactation sont conditionnés sous forme de miettes.

En maternité, un aliment composé de matières premières très digestibles et présenté sous forme de farine est apporté deux fois par jour aux porcelets dans des augettes à partir du mardi suivant les semaines de mise bas. Ils reçoivent à compter du 10ème jour de vie de l'aliment 1er âge sous forme de granulés (19,4% de MAT, 9,9 MJ d'EN n°4 par kg d'aliment). Servis en mélange pendant 4 jours avec le premier aliment, ils reçoivent exclusivement le 1er âge par la suite.

Tableau 4.4 - Description des modes de logement et d'alimentation – Engraissement.

Système d'élevage et mode d'alimentation[1]	Système *Litière* - NO		Système *Litière* - SP		Système *Caillebotis* - NO		Système *Caillebotis* - SP	
Sol et surface[2]	PA	SC	PA	SC	OP	LG	OP	LG
Durée moyenne d'occupation, j	90	90	90	90	90	90	90	90
Conception des salles								
Nature du sol	Paille	Sciure	Paille	Sciure	Caillebotis	Caillebotis	Caillebotis	Caillebotis
Accès[3]	Ouvert	Fermé	Ouvert	Fermé	Fermé	Fermé	Fermé	Fermé
Modalité d'élevage des animaux								
Nombre de places par salle	84	84	84	84	88	88	88	88
Nombre d'animaux par case	42	42	42	42	11	11	11	11
Surface minimale, m^2/porc	1,37	1,37	1,37	1,37	0,70	1,00	0,70	1,00
Volume, m^3/porc	9,2	6,4	9,3	6,5	2,2	3,2	2,6	3,4
Ventilation et température								
Renouvellement de l'air	Régulée	Régulée	Régulée	Régulée	Régulée	Régulée	Régulée	Régulée
Puissance de chauffage, Watt/porcelet								
Température, °C								
Ventilation	20 (j0)/ 17 (j0+21)	20 (j0)/ 17 (j0+21)	20 (j0)/ 17 (j0+21)	20 (j0)/ 17 (j0+21)	23 (j0)/ 22 (j0+30)	23 (j0)/ 22 (j0+30)	23 (j0)/ 22 (j0+30)	23 (j0)/ 22 (j0+30)
Chauffage	-	-	-	-	-	-	-	-
Distribution d'aliment								
Système de distribution	Nourrisseur	Nourrisseur	Soupe	Soupe	Nourrisseur	Nourrisseur	Soupe	Soupe
Longueur de nourrisseur, cm/porc	8,7	8,7	33	33	8,7	8,7	33	33
Nombre de repas par jour	Libre	Libre	3	3	Libre	Libre	3	3
Heures des repas	-	-	6h/12h/ 17h30	6h/12h/ 17h30	-	-	6h/12h/ 17h30	6h/12h/ 17h30
Distribution d'eau								
Système de distribution	Abreuvoir	Abreuvoir	Soupe	Soupe	Abreuvoir	Abreuvoir	Soupe	Soupe
Nombre d'abreuvoir par case	3	3	-	-	1	1	-	-
Taux de dilution, l/kg d'aliment	-	-	2,3	2,3	-	-	2,3	2,3

[1]NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.
[2]PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.
[3]Les salles sont ouvertes selon les conditions thermiques ou continuellement fermées sur l'extérieur.

Les animaux sont nourris à sec et à volonté en post-sevrage. Au cours des 14 premiers jours, les porcelets reçoivent en moyenne 5 à 6 kg d'aliments 1er âge conditionnés sous forme de granulés. Un mélange de 1er et de 2ème âge est ensuite distribué pendant 4 jours, puis les animaux reçoivent uniquement de l'aliment 2ème âge sous forme de granulés (17,7% de MAT, 10,2 MJ d'EN n°4 par kg d'aliment).

Au nourrisseur, les porcs charcutiers sont alimentés à volonté. Sous forme de repas de soupe, ils reçoivent un mélange d'aliment et d'eau (2,25 litres par kg d'aliment). Le plan de rationnement est commun aux deux systèmes d'élevage. Il est ajusté quotidiennement en fonction de la demande des animaux et plafonné à 3 kg par porc et par jour au delà de 118 jours d'âge. Un aliment *Croissance* est distribué pendant les 6 premières semaines d'engraissement (16,2% de MAT, 9,7 MJ d'EN n°4 par kg d'aliment) puis un *Finition* jusqu'à l'abattage (14,9% de MAT, 9,9 MJ d'EN n°4 par kg d'aliment). Ces derniers sont conditionnés sous forme de miettes.

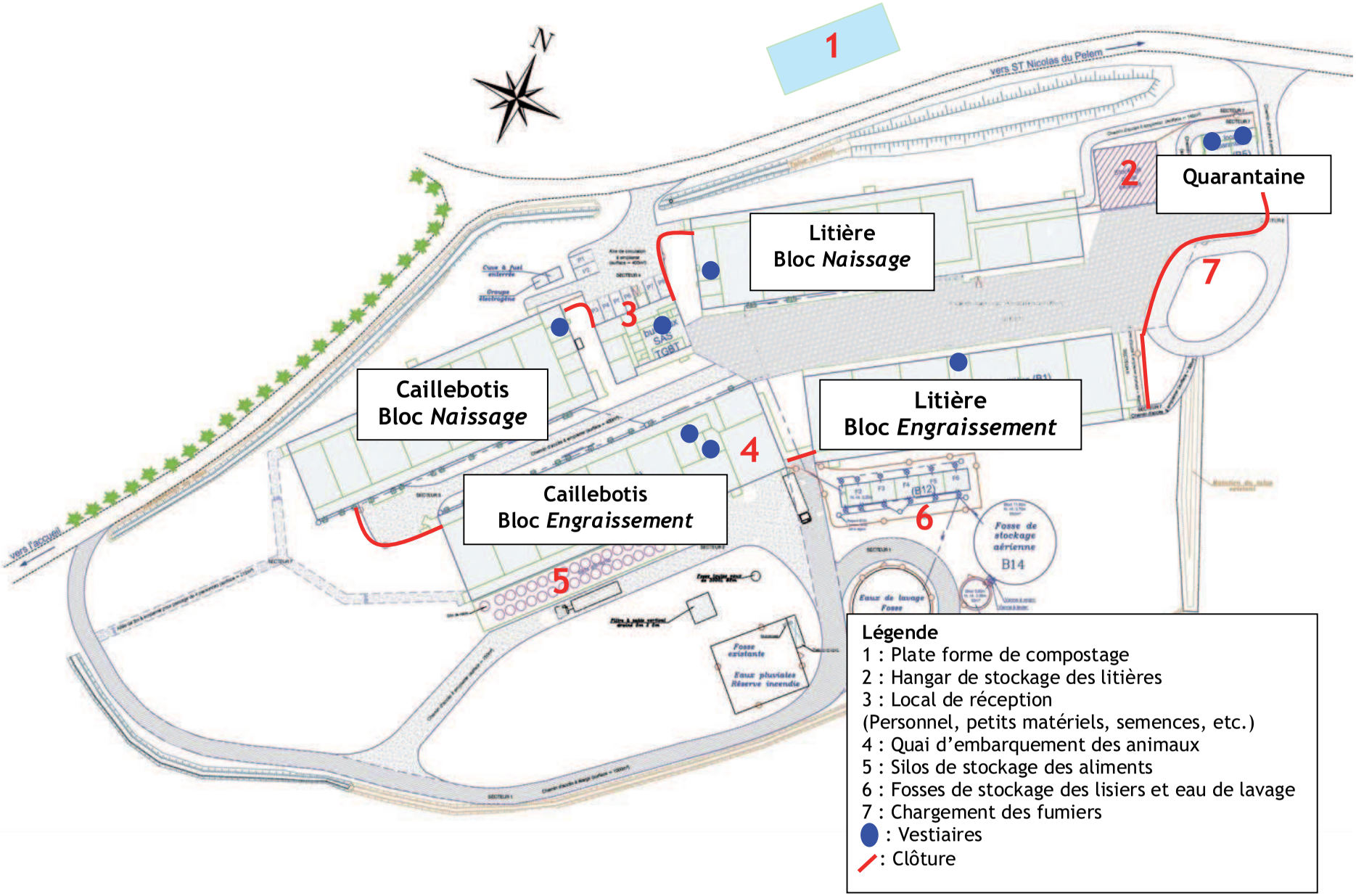
4.3.5 Les interventions thérapeutiques et les traitements hormonaux

Pour prévenir le développement des parasites internes et externes, un anti-parasitaire (ivermectine et clorsulon) est injecté aux cochettes et aux verrats *souffleurs* dans la journée qui suit leur arrivée en quarantaine. Un vermifuge (oxybendazole) est distribué aux truies en gestation 15 jours avant la mise bas et aux verrats *souffleurs* tous les 147 jours. Enfin, l'aliment 1er âge alloué aux porcelets en maternité et en post-sevrage contient un anti-parasitaire (flubendazole).

Un vaccin combiné contre la parvovirose (souche PPV 014) et le rouget (erysipelothrix rhusiopathiae, sérotype 2) est administré aux cochettes et aux verrats *souffleurs* trois et 6 semaines après leur arrivée en quarantaine. Il est injecté aux truies en lactation une semaine avant la date de sevrage et aux verrats *souffleurs* tous les 147 jours. Pour prévenir les signes cliniques d'entérotoxicose sur les porcelets en maternité par Escherichia coli exprimant les adhésines F4ab (K88ab), F4ac (K88ac), F5 (K99) ou F6 (987P), les cochettes reçoivent un vaccin trois et 6 semaines avant la date présumée de mise bas et les truies multipares trois semaines avant chaque parturition. Enfin, pour faciliter l'adaptation des futurs reproducteurs à leur nouvel environnement, des déjections de truies et des placentas sont apportés aux animaux respectivement au cours de la 5ème et la 6ème semaine de quarantaine.

Un dérivé d'androgène à activité progestative (altrénogest) est distribué quotidiennement par voie orale aux cochettes entre le 3ème et le 21ème jour de présence dans le local de pré-troupeau pour synchroniser leurs oestrus avec ceux des truies multipares. En maternité, l'usage de la prostaglandine (cloprosténol) pour déclencher les mises bas est exclus de manière à apprécier l'impact des itinéraires techniques sur la durée de gestation. En revanche, de la prostaglandine (dinoprost) et de l'ocytocine peuvent être administrées avec parcimonie aux truies durant la période de mise bas.

Figure 4.7 - La protection sanitaire du dispositif expérimental.



4.3.6 La protection sanitaire du dispositif

Les éléments de protection sanitaire abordés dans cette section ont largement conditionné la conception du dispositif expérimental et son fonctionnement. Le corps de *règles de décisions* concernant la circulation du personnel, des animaux et des véhicules relève des procédures de marche en avant développées dans la plupart des industries agroalimentaires. Une attention particulière est accordée à l'hygiène des installations.

L'organisation des bâtiments et la gestion des flux

Les deux systèmes opérants sont physiquement séparés (Figure 4.7). Chacun d'entre eux est composé de deux bâtiments distincts de telle sorte qu'ils créent une frontière sanitaire entre un bloc *Naissage* accueillant les truies et les porcelets en post-sevrage, et un bloc *Engraissement* hébergeant les porcs en croissance de plus de 25 kg. Ils sont orientés pour limiter les risques de circulation des contaminants par les vents dominants des blocs *Naissage* vers ceux d'*Engraissement*. L'ensemble est entouré d'une clôture.

La manutention de la paille et de la sciure est assurée par un outil dévolu exclusivement au système *Litière*. Il demeure dans l'enceinte du dispositif, y compris à l'occasion des opérations de manutention. Sa fourche télescopique permet de décharger les litières vers un hangar (Figure 4.7, n°2) ou de charger les remorques de fumiers (Figure 4.7, n°7) en passant au-dessus de la clôture.

Les camions d'équarrissage sont tenus à l'écart. Les cadavres sont évacués à partir d'une plate-forme localisée à 150 mètres du site. Le caisson permettant l'entreposage des cadavres est systématiquement nettoyé et désinfecté à l'extérieur avant d'être réincorporé au dispositif. Les ouvrages de stockage des lisiers (Figure 4.7, n°6), des fumiers (Figure 4.7, n°1) et des silos (Figure 4.7, n°5) sont localisés au-delà de la clôture. Enfin, les camions servant à l'expédition des porcs à l'abattoir sont vides de tous animaux, lavés et désinfectés avant les chargements à partir d'un quai d'embarquement (Figure 4.7, n°4).

Toute personne accédant au dispositif ne doit pas avoir été en contact avec des porcs 48 heures auparavant. Elle doit prendre une douche et revêtir les sous-vêtements, les vêtements et les chaussures spécifiques à la station. Ces règles sont mises en œuvre dans un sas commun aux deux systèmes opérants (Figure 4.7, n°3). Des vestiaires permettent ensuite aux personnes de se changer et revêtir des vêtements et des chaussures distinctifs aux différents blocs de bâtiments.

L'hygiène des locaux et des équipements

Hormis le local de pré-troupeau et l'infirmerie des porcs en croissance, toutes les salles d'élevage sont conduites en tout plein et tout vide. A la suite de chaque transfert d'animaux et lorsque l'ensemble des porcs charcutiers d'une bande a été expédié, les salles d'élevage, le quai d'embarquement et les couloirs servant à la circulation des animaux sont lavés et désinfectés. Les pré-fosses de post-sevrage du système *Caillebotis* et des maternités ainsi que les collecteurs recevant les effluents raclés sont lavés et désinfectés lors des vides sanitaires.

La désinfection est permise par un produit homologué associant un ammonium quaternaire et un aldéhyde. Son efficacité sur les bactéries, les champignons et les virus présents en élevage est reconnue. La dose de produit utilisée lors de chaque opération est établie en fonction de sa concentration et des surfaces d'application.

Un contrat de lutte contre les rongeurs est établi avec une entreprise spécialisée. Tous les 4 mois, un technicien contrôle et renouvelle les appâts déposés à la périphérie et au sein du dispositif.

Enfin, les matériels extérieurs au dispositif sont nettoyés et désinfectés avant d'y être introduits. Ceux mis en contact direct avec les animaux sont de surcroît isolés dans un sac plastique hermétique.

4.3.7 L'ambiance dans les salles

Pour chaque stade physiologique, les consignes de température de ventilation et de chauffage diffèrent d'un système d'élevage à l'autre (Tableau 4.2, 4.3 et 4.4). Sur litière, elles sont consignées et inférieures de 1°C à 5°C à celles établies sur caillebotis. Le niveau minimum de ventilation est de 10% et la plage d'accélération de 6°C.

Les fenêtres et les plaques translucides disposées sur la toiture ne permettent pas d'apporter suffisamment de lumière aux animaux. Un cycle de lumière artificielle est appliqué entre 8h00 et 18h00 dans toutes les salles.

4.3.8 La gestion des litières et des effluents dans les bâtiments

Les pailles de blé et d'orge sont produites à 10 km du dispositif expérimental. Elles sont issues de cultures en semis directs. Les pailles de blé et d'orge reçoivent une fertilisation organique composée exclusivement de fientes de volailles. Ces effluents proviennent d'un élevage avicole indemne de salmonelle. Les produits phytosanitaires appliqués aux cultures ne renferment pas de molécules classées R62 et R63 pouvant avoir un impact sur la fertilité et la fécondité des animaux. Ce corpus de *règles de décisions* est destiné à limiter les contaminations croisées entre les animaux du dispositif et les germes ou les molécules pouvant être apportés incidemment par les pailles.

La sciure issue de bois tropicaux est écartée, leur composition suscitant des interrogations et des risques de contamination croisée n'étant pas à exclure. Elle est séchée entre 80 et 100°C pendant 15 à 20 minutes selon son degré hygrométrique à la sortie de la scierie. Après séchage, sa teneur en matière sèche est en moyenne de 86%. Elle est ensuite dépoussiérée avant d'être réceptionnée sur la station dans des sacs étanches de 500 kg.

Les apports de paille dans les salles sont réalisés en fonction d'une appréciation visuelle de l'état de la litière qui est remplacée lorsqu'elle est trop dégradée, altérant ainsi l'état de propreté des porcs. Concernant la sciure, des apports de 12 kg par porcelet et par bande en post-sevrage et de 25 kg par porc en engraissement offrent un matelas de 10 cm sur l'ensemble de la surface des cases.

En maternité et en post-sevrage sur caillebotis, le lisier est stocké dans des pré-fosses sous le plancher des salles. Elles sont vidangées de leur contenu lors de chaque vide sanitaire. Dans les salles équipées de racleurs, les déjections sont évacuées quotidiennement entre 8h15 et 9h00 vers des collecteurs situés à l'intérieur des salles sous les caillebotis. Ces derniers sont vidés de leur contenu une fois par semaine, le vendredi matin. Le produit est dirigé vers des cellules de stockage localisées à l'extérieur du dispositif (Figure 4.7, n°6).

4.4 L'évaluation des itinéraires techniques

La durabilité des itinéraires techniques est évaluée à partir d'enregistrements collectés entre le 26 janvier 2006 - début du peuplement du dispositif - et le 31 mai 2008. Ils sont classés en deux catégories : les observations collectées au fil du temps et celles produites par des expérimentations factorielles. Ces dernières répondent aux interrogations posées à l'occasion de la configuration du dispositif et révélées par les itinéraires techniques au cours de l'expérimentation. Elles sont consignées sur des fiches manuscrites puis réorganisées au sein d'un système de bases informatisées.

4.4.1 Les variables mesurées : Le *système d'information*

Caractéristiques climatiques

Une station météorologique située au sein du dispositif expérimental a permis de mesurer entre le 1er janvier 2006 et le 31 mai 2008 les températures extérieures (une observation toutes les 30 minutes). Les températures minimales, maximales, moyennes et leurs amplitudes sont déterminées quotidiennement. Ces observations permettent de retracer les conditions thermiques extérieures au cours des saisons : hiver (259 observations), printemps (203 observations), été (189 observations) et automne (175 observations).

Conjointement, les températures journalières minimales et maximales sont relevées dans toutes les salles du dispositif occupées par des animaux. Les conditions thermiques moyennes dans celles de quarantaine (32 observations), de pré-troupeau ou pré-troupeau (16 observations par système d'élevage), de gestation (5 observations DAC et 11 observations RC par système d'élevage), de maternité (64 observations), de post-sevrage et d'engraissement (7 observations pour chaque modalité OP, LG, PA et SC) sont déterminées.

Les performances de reproduction des truies

Les trois premières bandes qui ont mis bas entre février et juin 2006 ne sont pas exploitées dans ce travail de thèse, chaque bande étant incorporée de façon différente au dispositif expérimental au moment de son peuplement. Au final, les résultats de 16 lots de truies élevées sur caillebotis (CI) et sur litière de paille (LI) collectés entre juillet 2006 et juin 2008 sont analysés.

Intra-système, 5 cohortes sont élevées dans une case avec un automate de distribution d'aliment (DAC), 11 dans des cases de 6 à 8 truies équipées de réfectoires et d'une auge permettant d'alimenter quotidiennement à deux reprises toutes les truies simultanément (RC). Les truies sont affectées à l'un des deux systèmes d'élevage au moment de leur réception. Soixante sept et 80 cochettes

sont attribuées respectivement aux systèmes *Caillebotis* et *Litière*. Les truies élevées sur caillebotis en gestation ont donné naissance à 268 portées (88 portées de truies DAC et 180 portées de truies RC) et celles sur litière à 277 portées (89 portées de truies DAC et 188 portées de truies RC).

Les consommations moyennes d'aliment sont calculées :

- Par cohorte dans les salles de quarantaine (32 observations), de pré-troupeau (16 observations par système d'élevage), de gestation DAC (5 observations par système d'élevage) et RC (11 observations).
- Par truie dans les salles de maternité (545 observations). La présence de restes d'aliment dans les auges entre deux distributions successives en maternité est répertoriée et exploitée (présence/absence de refus).

Dans le pré-troupeau et intra-système, la quantité d'eau distribuée aux cochettes, aux verrats *souffleurs* et aux truies isolées des congénères de leur bande est contrôlée à 6 reprises. Dans la salle de gestation DAC et les maternités de chaque système, les niveaux d'abreuvement sont déterminés à partir d'enregistrements hebdomadaires sur deux cohortes de truies (DAC : 28 observations et maternités : 40 observations). Intra-système, la distribution d'eau dans les salles de gestation RC est contrôlée à deux reprises sur deux cohortes de truies (24 observations).

Le poids et l'épaisseur de lard dorsal au site P2 (6,5 cm de part et d'autre de la ligne médiane au niveau de la dernière côte) des truies sont mesurés à l'entrée et à la sortie de la quarantaine, au sevrage et à l'entrée en maternité. Le nombre de porcelets nés vivants, morts nés et sevrés par truie est consigné. Les portées sont pesées après adoption et au sevrage. Le pourcentage de mortalité de porcelets (après adoption) en lactation est calculé pour chaque portée.

L'enregistrement des dates de sevrage, d'insémination, de retour en oestrus et de mise bas permet d'établir les durées de lactation, de gestation et l'intervalle entre le sevrage et l'insémination. Le pourcentage de retour en chaleur, d'avortement, de mise bas et de réforme est établi à partir de ces effectifs et par rapport au nombre de truies inséminées par bande.

Les performances des porcs en croissance et la qualité des carcasses

Sept bandes de porcs sont suivies en post-sevrage et en engraissement dans chacun des deux systèmes d'élevage entre mars 2006 et mai 2008. Intra-système, les animaux sont élevés sur caillebotis suivant deux modalités de surface (optimum OP et large LG, 14 lots d'animaux par modalité) ou sur litière avec deux types de support (paille PA et sciure de bois SC, 14 par modalité). Ils reçoivent en engraissement soit une alimentation sèche à volonté (NO, 32 lots), soit une alimentation sous forme de repas de soupe et rationnée (SP, 24 lots).

Tous les porcelets sevrés (1375 porcelets en moyenne par système) ne sont pas conservés en post-sevrage ni en engraissement. En effet, les contraintes réglementaires imposées lors du prototypage du dispositif interdisent de commercialiser annuellement plus de 2480 porcs charcutiers. Des porcelets sont ainsi vendus à 8 kg ou à 25 kg. Ces sorties d'animaux expliquent, avec les mortalités, les écarts entre le nombre de porcelets sevrés et entrés en

engraissement au cours de cette expérimentation. Au final, les performances de croissance et de carcasse de 1078 porcs charcutiers sur Litière (534 animaux PA et 544 SC) et 1175 porcs sur caillebotis (587 LG et 588 OP) sont exploitées.

Les distributions d'aliment sont relevées toutes les semaines. Les consommations moyennes journalières et les Indices de Consommation (IC) sont déterminés pour chaque modalité de logement (14 observations par modalité OP, LG, PA et SP) et d'alimentation (32 observations NO et 24 observations SP).

Les quantités d'eau ingérées par les animaux en post-sevrage sont établies à partir d'enregistrements quotidiens sur deux bandes de porcelets (148 observations par modalité OP, LG, PA et SC). En engraissement, des relevés hebdomadaires sur 4 bandes de porcs charcutiers (NO : deux bandes et SP : deux bandes) ont permis de connaître les consommations en eau (56 observations par modalité OP, LG, PA et SC et par mode d'alimentation NO et SP).

Les porcelets sont pesés collectivement au sevrage et à l'entrée en engraissement. Le poids vif à l'abattage est estimé à partir du poids de carcasse et d'un rendement moyen de 0,80 déterminé à partir de 240 animaux pesés individuellement. Les caractéristiques des carcasses : épaisseurs de gras G1 et G2, de muscle M2, Taux de Muscle des Pièces ou TMP et la plus value technique sont enregistrées sur la base des données fournies par l'abattoir. Cette plus value résulte du classement des porcs : valeur TMP et plus ou moins value liée au poids.

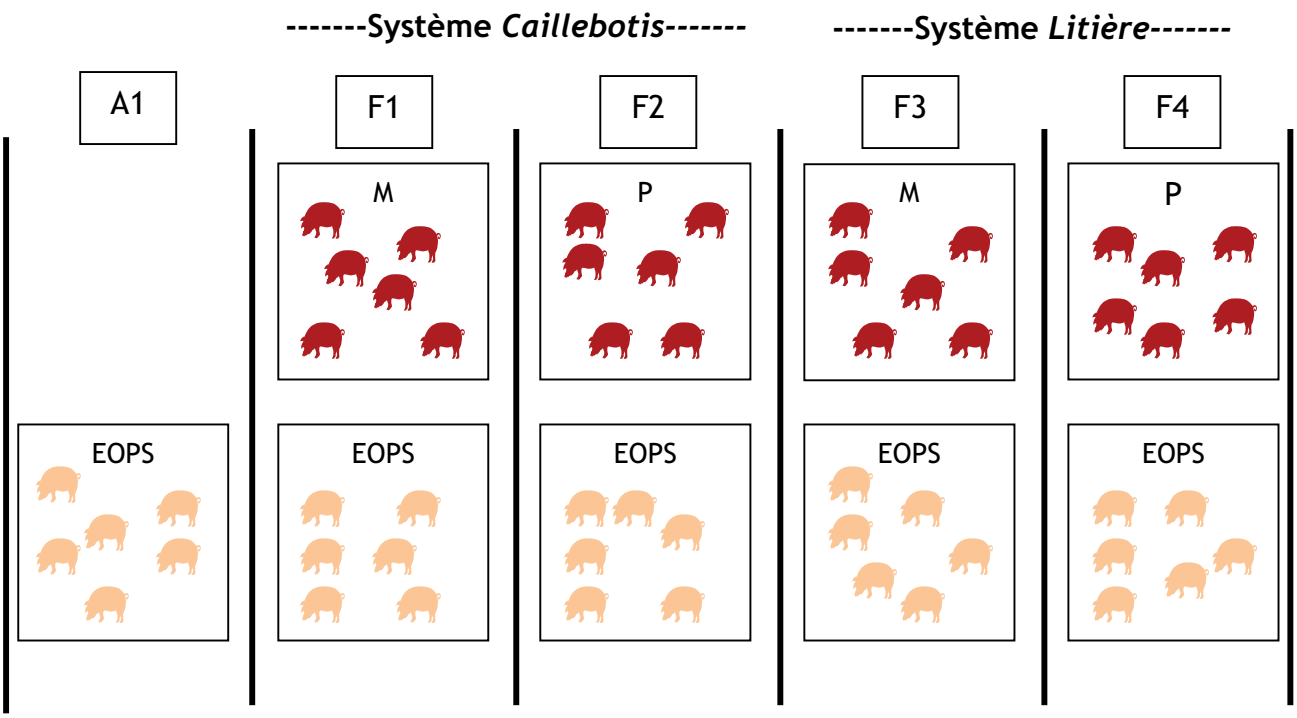
Le comportement des animaux

Entre décembre 2007 et juin 2008, des observations sont collationnées sur 3 lots de truies de 19 à 24 truies (DAC : une bande ; RC : deux bandes) au cours des troisième (P1), neuvième (P2) et quinzième (P3) semaine de gestation. A chaque stade, la posture est relevée 75 min. après la distribution d'aliment du matin (RC) et 60 min. après le démarrage de l'automate de distribution (DAC). Les activités stéréotypées (présence/absence de stéréotypies) et leur nature sont enregistrées 30 min. après les postures. Les actes sont notés à partir d'une observation de chaque truie pendant 20 sec. (absence de stéréotypies ou répétition du même acte stéréotypé) suivie d'une minute complémentaire dans le cas où les actes stéréotypés sont multiples pendant les 20 premières secondes. Les activités motrices et d'investigations sont enregistrées à partir de 15h30 sur une période totale de 5 min. répétées toutes les 20 sec., en dénombrant pour chaque case le nombre de truies impliquées dans ces actions. Une notation des lésions (présence/absence de lésions) et de leur gravité (de : 1 peu grave à 3 : très grave) sur l'oreille, l'avant, le flanc, l'arrière train, les pattes (partie gauche du corps de l'animal) et de la vulve est effectuée individuellement en fin de matinée à 11h00. Ces enregistrements s'appuient sur les grilles d'observation développées dans le cadre du programme européen Welfare quality® [Anonyme, 2009]. Enfin, les boiteries (présence/absence de boiteries) sont consignées pour les 16 cohortes de truies par case à trois reprises au cours de la gestation.

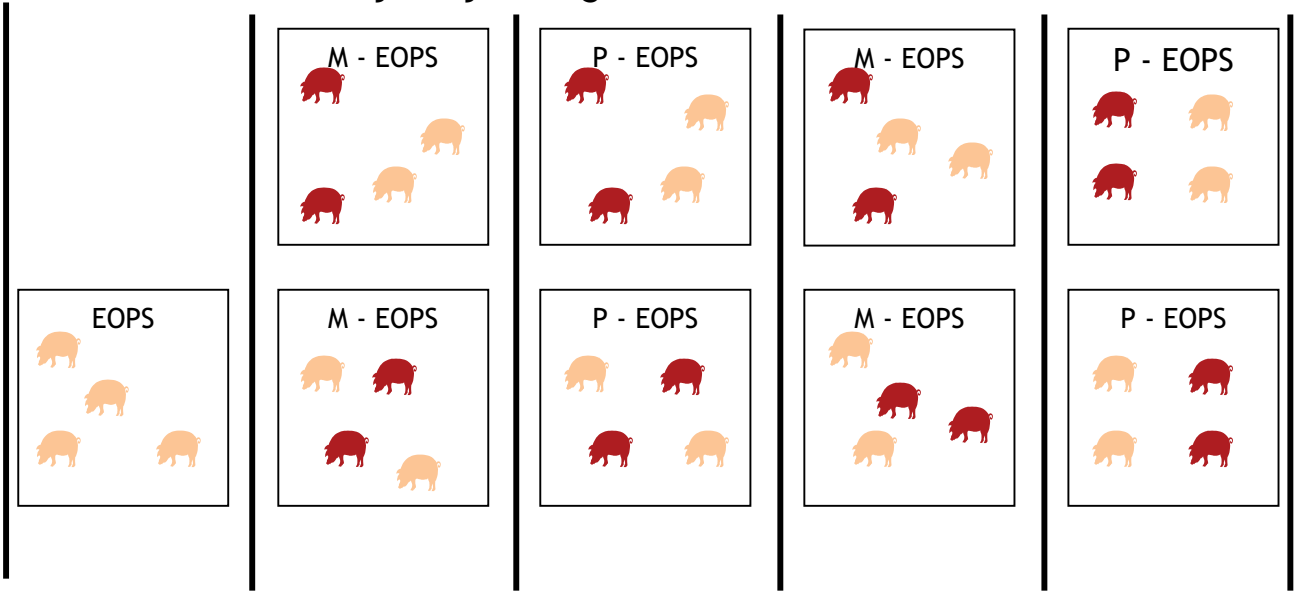
Des observations sont visualisées sur une bande de 172 porcs charcutiers sur litière de paille entre le mois de janvier et d'avril 2008. Les animaux sont élevés dans deux salles indépendantes comportant chacune deux cases de 43 porcs. Dans la

Figure 4.8 - Plan d'expérience de l'essai contact entre des porcs du dispositif avec des animaux Exempt d'Organisme Pathogène Spécifique (EOPS).

Phase de contact indirect j 0 - j 14



Phase de contact direct j 14 - j abattage



première, les loges sont équipées de nourrisseurs et d'abreuvoirs (NO). Dans la seconde, elles ont chacune deux auges pour la distribution de repas de soupe (SP). Les animaux ont accès en permanence à de l'eau distribuée dans chaque case par une pipette installée au-dessus d'une auge dont le débit est équivalent à celui des abreuvoirs (NO). Le comportement des animaux est enregistré au cours de la troisième (P1), septième (P2) et dixième (P3) semaine d'engraissement. Trois séries d'observations d'une heure, avec une mesure du comportement toutes les minutes, sont réalisées à partir de 9h00 (3h30 après la distribution du repas de soupe du matin, S1), 11h30 (une demi-heure avant le repas de soupe de midi, S2) et 14h30 (2h00 avant le repas de soupe du soir, S3). A chaque mesure, la posture (nombre d'animaux debout, assis, couchés), l'agitation (nombre d'animaux debout immobiles et en mouvement) et l'activité de fouissage sont collationnées.

L'état de santé des animaux

Les interventions thérapeutiques et les causes probables de mortalité des animaux des 16 cohortes de truies et des 7 bandes de porcs en croissance sont enregistrées. Les causes de saisies à l'abattoir sont consignées. L'urine des truies, prélevée lors des mictions avant la mise bas, est soumise à l'épreuve des bandelettes réactives (test multistix8sg®).

Les animaux font l'objet d'un suivi clinique entre le 26 janvier 2006 et le 31 mai 2008. Des prélèvements de sang sont réalisés sur les cochettes au début et à la fin de la phase de quarantaine et au moment de leur incorporation dans les bandes au sevrage. De même, Ils sont effectués sur les truies au sevrage. Les résultats de ce suivi ne sont pas présentés dans ce travail de thèse. A la suite de mises bas prématurées, des porcelets morts nés sont analysés. Le virus SDRP, le parvovirus et le circovirus type 2 sont recherchés. Des tissus prélevés sur les cadavres de truies et des porcelets momifiés font l'objet d'investigations, essentiellement vers le circovirus type 2. Enfin, la gale est cherchée sur les troupeaux de truies au printemps 2008.

Au cours du second semestre de l'année 2008, 24 porcs de 9 semaines d'âge (22,0 kg de poids vif en moyenne) du dispositif expérimental sont mis en contact avec des animaux Exempts d'Organismes Pathogènes Spécifiques (EOPS) de 5 semaines d'âge (6 animaux par lot). L'essai, réalisé dans 5 animaleries protégées de l'ANSES à Ploufragan (animalerie A1, F1, F2, F3 et F4), permet d'apprécier la dérive sanitaire du dispositif. Pour chaque système d'élevage, les porcs nés de truies multipares M (6 animaux par système) et ceux de paucipares P (1ère et 2ème portée, 6 animaux par système) sont conduits séparément dans 4 animaleries (Figure 4.8). Les cellules F1 accueillent les porcs de multipares et F2 ceux de paucipares du système *Caillebotis*. Les animaleries F3 reçoivent les porcs de multipares et F4 ceux de paucipares du système *Litière*. Une cinquième (A1) héberge des EOPS servant de lot témoin. Pendant les 14 premiers jours de l'épreuve (j 0 – j 14), les porcs du dispositif et EOPS des animaleries F1, F2, F3 et F4 sont en contact indirect *groin à groin*. Les deux groupes de sujets sont élevés dans des loges indépendantes. Puis, une mixité des deux origines est opérée (j 14 – j abattage). Quinze jours après le début de cette épreuve, deux EOPS et deux porcs du dispositif sont autopsiés. Tous les animaux ont fait l'objet d'observations cliniques et d'un examen nécropsique détaillé. Des prélèvements sanguins et des pesées sont effectués

chaque semaine jusqu'à l'abattage. Au terme de l'essai, les contaminants sont recherchés par sérologie (mycoplasma hyopneumoniae, actinobacillus pleuropneumoniae, lawsonia intracellularis, parvovirus et circovirus de type 2) ou par culture (salmonella typhimirium, listeria monocytogenes, campylobacter coli).

Le niveau des dépenses de santé des systèmes *Caillebotis* et *Litière* est établi entre le 1er juillet 2006 et le 31 décembre 2007. Exprimées en euro pour 100 kg de carcasse, ces dépenses sont ventilées par catégorie de produits selon une nomenclature proposée par les Chambres d'agriculture de Bretagne [2010].

L'utilisation de l'eau, de la litière et la production d'effluents

L'eau pour les opérations de lavage des salles de quarantaine sur litière, de pré-troupeau (une modalité par système), de gestation (DAC et RC par système), de maternité sur caillebotis, de post-sevrage (OP, LG, PA et SC) et d'engraissement (OP, LG, PA et SC associés à deux modes d'alimentation NO et SP) est quantifiée par des compteurs installés en tête des pompes de lavage à haute pression (trois à 6 observations par salle et par système).

La litière apportée et le fumier produit par les 16 cohortes de truies et les 7 bandes de porcs en croissance est quantifiée dans les salles de quarantaine sur litière (32 observations), de pré-troupeau (16 observations), de gestation DAC (5 observations) et RC (11 observations), de post-sevrage PA et SC (14 observations par modalité), d'engraissement PA et SC (NO : 8 observations et SP : 6 observations par modalité) par un système de pesage installé sur le grappin de l'engin de manutention.

Les teneurs en trichothécènes, zéaralénone, fumonisines, ochratoxines, aflatoxines et autres mycotoxines (citrinine et patuline) sont déterminées en laboratoire à partir d'échantillons de litière (automne 2006 et printemps 2007) et de lait (automne 2006). La présence d'azoxystrobine, de cyproconazole et de flutriazol imazaméthabenz méthyl issue des traitements phytosanitaires des céréales est recherchée en octobre 2007 dans les pailles d'orge destinées principalement aux truies du système *Litière*.

Des apports d'eau ont permis de quantifier le volume des pré-fosses sous le plancher des salles du système *Caillebotis*. Sur une bande, le volume hebdomadaire de lisier produit par les animaux est déterminé dans les collecteurs des salles de pré-troupeau (trois mesures), de gestation (DAC : 14 mesures et RC : 14 mesures) et d'engraissement (OP/NO : 15 mesures et LG/SP 15 mesures) par une mesure de la hauteur de l'effluent. En maternité, il est mesuré au sevrage (deux mesures) et en post-sevrage après le transfert des animaux en engraissement (OP : 4 mesures et LG : 4 mesures).

Des prélèvements de fumier sont réalisés par carottage sur une bande dans les salles de quarantaine (un échantillon), de pré-troupeau (un échantillon) et de gestation DAC (un échantillon) et RC (trois échantillons). Dans les salles accueillant les animaux en croissance, des prélèvements de fumiers sont effectués sur deux bandes de porcelets en post-sevrage (PA : 4 échantillons et SC : 4 échantillons) et en engraissement (PA/NO : deux échantillons ; SC/NO : deux échantillons ; PA/SP : 4 échantillons ; SC/SP : 4 échantillons). A l'occasion de chaque mesure

hebdomadaire des volumes de lisier, un prélèvement est fait par carottage dans les collecteurs sous le plancher des salles. Des échantillons moyens constitués par mélange de plusieurs prélèvements hebdomadaires sont effectués (pré-troupeau : un échantillon ; gestation : 4 échantillons par modalité DAC et RC ; engraissement : 5 échantillons par modalité PA/NO, PA/SP, SC/NO, SC/SP). L'échantillonnage des lisiers en maternité et en post-sevrage est effectué dans les mêmes conditions mais à l'issue de la phase d'élevage (maternité : deux échantillons ; post-sevrage : 4 échantillons par modalité OP et LG). La valeur fertilisante des effluents est déterminée en laboratoire à partir de ces échantillons. Les quantités d'azote, de phosphore et de potassium rejetées par les animaux sont calculées. Elles sont comparées aux quantités excrétées par les porcs, estimées à partir des flux d'aliment, de litière et du gain de poids par la méthode du bilan simplifié du Corpen [2003].

Les besoins en énergie

Le besoin en gasoil est calculé à partir de la consommation moyenne horaire de l'engin de manutention des litières, de la fréquence et du temps imparti aux opérations de paillage, de curage des salles de quarantaine (32 observations), de pré-troupeau (16 observations), de gestation DAC (5 observations) et RC (11 observations), de post-sevrage (14 observations par modalité PA et SC) et d'engraissement (14 observations par modalité PA et SC et par mode d'alimentation NO et SP).

Des relevés hebdomadaires de la consommation électrique des salles de pré-troupeau, de gestation, de maternité, de post-sevrage (52 observations par système) et des salles d'engraissement (52 observations par système) sont réalisés en 2007. Ils permettent d'estimer les besoins en énergie électrique des deux systèmes d'élevage et la part relative des postes *Naissage* et *Engraissement* dans la consommation globale des systèmes.

Les coûts d'investissement et le temps de travail

Le coût du dispositif s'est élevé à 3,45 millions d'euros HT. Les investissements concernant les bâtiments ont représenté 2,6 millions d'euros (maçonnerie, menuiserie, électricité, plomberie, équipement intérieur, etc.) et les frais annexes 855000 euros (terrassement, clôture, portail, etc.). Les actes d'engagement des entreprises sont analysés pour chiffrer les coûts d'investissement des itinéraires techniques testés. Certaines charges n'ont pas été comptabilisées. Elles concernent les équipements spécifiques pour l'expérimentation (bascules, petites cellules de stockage des lisiers, certains locaux techniques) et pour l'accueil des visiteurs (couloir de visite extérieur). D'autres charges communes aux deux systèmes sont globalisées et ventilées équitablement (silos de stockage des aliments, quai d'embarquement, infirmerie des porcs en croissance, démolition de l'ancien élevage, etc.).

Pendant l'année 2007 et au début de l'année 2008, les tâches permettant de discriminer les deux systèmes sur la charge en travail sont identifiées puis chronométrées. Il s'agit des activités relatives : l'entretien des racleurs sous les caillebotis, l'apport de litière, le curage du fumier, le lavage des salles lors des vides sanitaires, le raclage manuel des déjections dans les salles de pré-troupeau

et de gestation, les transferts d'animaux et le lavage des couloirs après leurs transferts, le démontage et le remontage des dispositifs de chauffage et leur nettoyage.

Le paillage et la vidange du fumier débutent dès que le technicien pénètre dans la cabine de l'engin de manutention et ils s'achèvent lorsqu'il en descend une fois la tâche terminée, engin remisé. Le raclage manuel des déjections sur le sol commence lorsque l'animalier entre dans la salle et il s'achève une fois qu'il en ressort, rabot nettoyé et rangé. Le temps imparti aux autres activités est mesuré entre l'entrée et à la sortie du vestiaire du bloc de bâtiment (*Naissage* ou *Engraissement*) dans lequel s'effectue la tâche.

La rentabilité économique

Les flux d'éléments, de matières et financiers permettent d'apprécier la rentabilité économique des itinéraires techniques. Un coût de production est calculé pour chacun d'entre eux.

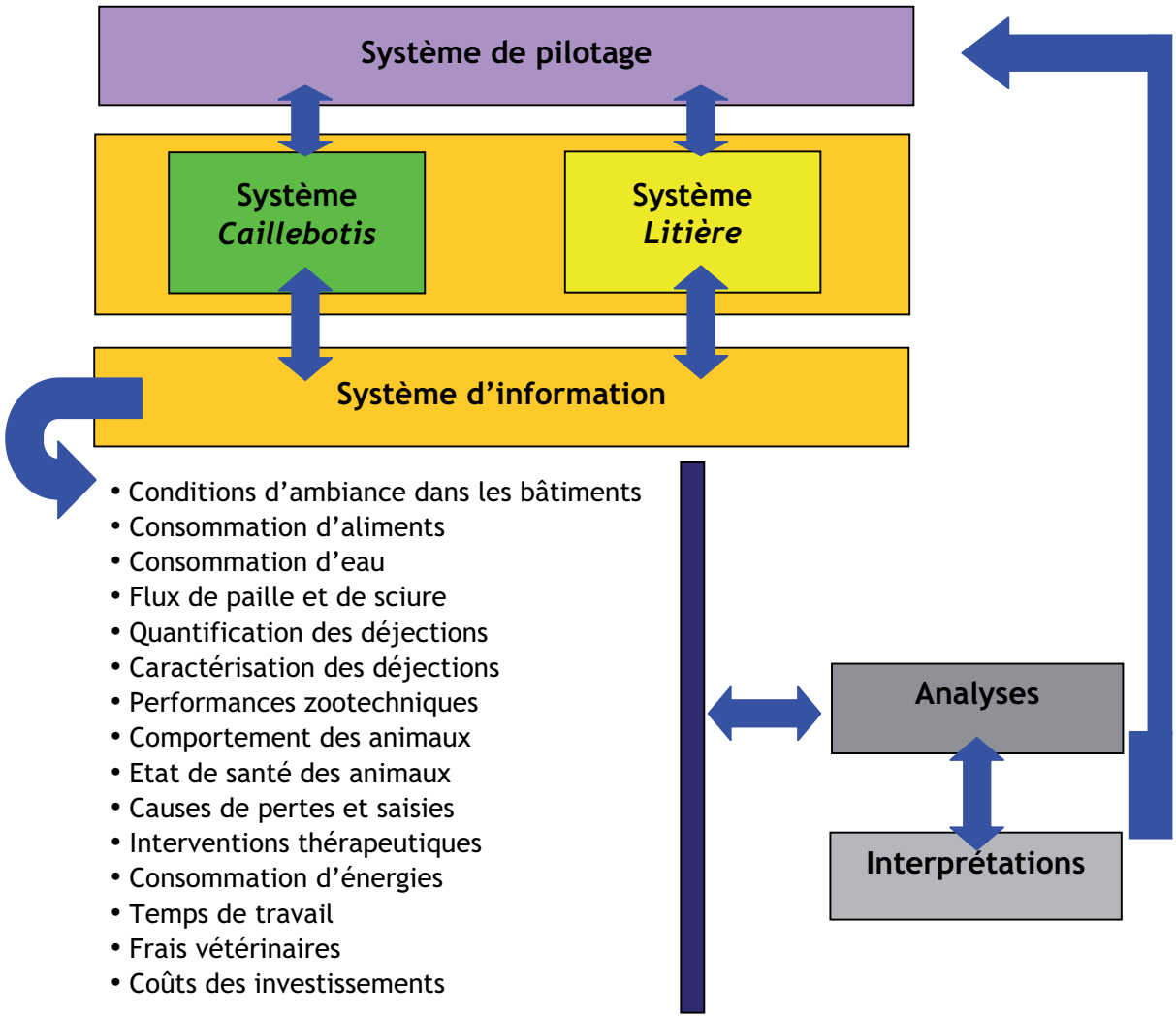
Le calcul du bilan économique des différents itinéraires techniques est réalisé à partir d'un logiciel développé par la Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor pour le personnel chargé du suivi technique et économique des élevages de porcs (Icene®). Toutes les tâches n'ayant pas fait l'objet d'enregistrement, la charge en travail est ajustée à partir des références de Le Moan *et al.* [2003]. Ces auteurs établissent à 21h46 le volume horaire pour la conduite d'une truie et sa suite. Nous avons considéré qu'une partie de l'investissement est auto-financée. Le complément, variable selon l'itinéraire, fait l'objet d'un prêt sur 15 années financé à 6,0%. Ces choix sont destinés à réduire la part des annuités d'emprunt dans le coût de production. Enfin, les autres éléments techniques et économiques sont ceux enregistrés au cours de cette expérimentation.

4.4.2 Le traitement de l'information

Des données concernant les conditions climatiques, les performances zootechniques, les observations comportementales, l'état de santé des animaux, les apports en litière, les productions de fumiers et les consommations en énergie sont testées par analyse de variance [SAS Inst., Inc., Cary, NC]. Certaines informations comportementales et sanitaires, l'utilisation d'eau pour les opérations de lavage, la production de lisier, la composition des effluents, le temps de travail, les coûts d'investissement et les critères synthétiques de rentabilité font l'objet d'analyses descriptives.

Des observations de cette *expérimentation système* sont globalisées pour estimer les flux de biens, de services et financiers d'itinéraires techniques complets. Les hypothèses de calcul sont établies en références aux résultats de cette expérience. Certaines d'entres elles sont communes à chaque parcours : 17,9 truies mettent bas par bande. La durée de lactation est de 28 jours et 10,9 porcelets sont sevrés par portée et par truie. Nous considérons que la totalité des porcelets est engraissée : élevage 100% Naisseur-Engraisseur, sans vente de porcelets au sevrage ni à l'entrée en engraissement.

Figure 4.9 - Le (re)prototypage des systèmes.



Enfin, le prototypage des systèmes prévoit des boucles de progrès, avec des ajustements des règles stratégiques et d'actions en fonction des résultats des évaluations (Figure 4.9).

Joignez ce qui est complet et ce qui ne l'est pas, ce qui concorde et ce qui discorde, ce qui est en harmonie et ce qui est en désaccord ; de toutes choses une et d'une, toutes choses.

[Héraclite,
Pseudo-Aristote, Traité du Monde]

Je tiens pour impossible de connaître les parties sans connaître le tout, non plus que de connaître le tout sans connaître particulièrement les parties.

[Pascal,
Pensées]

5 Comparaison des itinéraires techniques : Résultats expérimentaux

Les résultats de cette *expérimentation système* sont présentés dans cette partie. Elle est organisée en 10 chapitres :

Chapitre 5.1 : une station météorologique disposée au sein du dispositif permet de mesurer entre le 1er janvier 2006 et le 31 mai 2008 la température extérieure. Conjointement, les températures minimales et maximales sont relevées quotidiennement dans toutes les salles.

Chapitre 5.2 : les performances de reproduction et de lactation de 16 cohortes de truies élevées sur litière (LI) ou sur caillebotis (CI) sont enregistrées. Intra-système, cinq cohortes de truies en gestation sont élevées dans des cases équipées d'un automate de distribution d'aliment (DAC), 11 cohortes dans des cases de 4 à 8 animaux équipées de réfectoires munis d'une auge permettant de les alimenter quotidiennement et simultanément (RC).

Chapitre 5.3 : les performances de croissance et de carcasse de 7 bandes de porcs sont collectées en post-sevrage et en engraissement. Intra-système, les animaux de chaque bande sont élevés sur caillebotis suivant deux modalités de surface (optimum OP et large LG) ou sur litière avec deux types de support (paille PA et sciure de bois SC). Chaque bande de porc reçoit en engraissement soit une alimentation sèche au nourrisseur et à volonté (NO), soit une alimentation sous forme de repas de soupe et rationnée (SP).

Chapitre 5.4 : des observations comportementales sont réalisées sur trois cohortes de truies (DAC, une bande par système ; RC, deux bandes par système) et sur une bande de porcs charcutiers élevés sur litière de paille. Ces derniers reçoivent pour moitié une alimentation sèche au nourrisseur (NO), l'autre moitié sous forme de repas de soupe (SP).

Chapitre 5.5 : toutes les interventions thérapeutiques sont enregistrées. Les données relatives aux causes de saisies à l'abattoir sont consignées. Des recherches de contaminants dans le sang et dans les tissus des animaux sont réalisées en laboratoire. Des porcs de 9 semaines d'âge du dispositif expérimental sont mis en contact avec des animaux Exempts d'Organismes Pathogènes Spécifiques (EOPS) dans des animaleries protégées de l'ANSES (Ploufragan, 22). Enfin, les dépenses de santé sont calculées par système d'élevage.

Chapitre 5.6 : les quantités d'eau pour les opérations de lavage et de désinfection des salles à l'occasion des vides sanitaires sont appréciées. Les litières apportées et les fumiers produits sont pesés. Les volumes de lisiers sont mesurés.

Chapitre 5.7 : Des prélèvements de fumier et de lisier sont réalisés. Les valeurs fertilisantes des effluents sont déterminées en laboratoire. Les quantités d'azote, de phosphore et de potassium rejetées par les porcs sont comparées aux quantités excrétées par les animaux à partir des flux d'aliment, de litière et du gain de poids par la méthode *du bilan simplifié* du Corpen [2003].

Tableau 5.1 - Incidence de la saison sur la température extérieure.

	Moyenne annuelle	Saisons				Cvr[2]	Effet stat.[1]
		Hiver	Printemps	Eté	Automne		
Températures, °C							
Nombre de relevés	826	259	203	189	175		
Minimum	8,7	4,1c	8,8b	14,7a	9,1b	35,6	Sai***
Maximum	14,4	9,1c	15,2b	21,0a	14,0b	22,0	Sai***
Amplitude	5,6	5,0b	6,4a	6,3a	5,0b	38,9	Sai*
Moyenne	11,5	6,6c	12,0b	17,8a	11,5b	25,4	Sai***

[1]Analyses de la variance avec l'effet de la saison (Sai).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.

Chapitre 5.8 : les consommations de gasoil de l'engin de manutention des litières sont déterminées. Les consommations électriques intra-système (CI et LI) et intra-bloc de bâtiments (*Naissage* et *Engraissement*) sont relevées une fois par semaine et analysées.

Chapitre 5.9 : les coûts de construction du dispositif expérimental sont établis à partir des actes d'engagements des entreprises. La charge de travail pour le fonctionnement des itinéraires technique est mesurée.

Chapitre 5.10 : Les flux d'éléments, de matières et financiers permettent d'apprécier la rentabilité économique des itinéraires techniques. Des marges et un coût de production sont calculés pour chacun d'entre eux.

5.1 Les caractéristiques climatiques et températures dans les salles

Une station météorologique a permis de mesurer entre le 1er janvier 2006 et le 31 mai 2008 la température extérieure, à raison d'une observation toutes les 30 minutes. Les températures minimales et maximales sont déterminées quotidiennement. Ces observations permettent de décrire les conditions thermiques à l'extérieur du dispositif en hiver (259 observations), au printemps (203 observations), en été (189 observations) et en automne (175 observations).

Conjointement, les températures minimales et maximales ont été relevées quotidiennement dans toutes les salles occupées par des animaux. Les conditions de température dans les salles de quarantaines (32 observations), de pré-troupeau (16 observations par système d'élevage), de gestation (5 observations DAC et 11 observations RC par système d'élevage), de maternité (64 observations), de post-sevrage et d'engraissement (7 observations par modalité OP, LG, PA et SC) sont établies à partir de ces enregistrements.

5.1.1 Température extérieure

Au cours de cette expérimentation, la température moyenne journalière à l'extérieur des bâtiments est de 6,6°C en hiver et de 17,8°C en été, les valeurs étant intermédiaires en automne (11,5°C) et au printemps (12,0°C, tableau 5.1). L'amplitude thermique quotidienne est de 5,6°C en moyenne. Elle est moins importante en automne et en hiver (5°C) qu'au printemps et en été (6,3°C). Ces données sont conformes à celles enregistrées au cours de ces vingt dernières années par la station météorologique la plus proche située à Rostrenen (22) hormis la température estivale qui apparaît plus douce que de coutume.

Les conditions thermiques extérieures conditionnent l'ouverture et la fermeture des portails et des rideaux des salles de quarantaine, de pré-troupeau, de gestation et d'engraissement sur litière de paille. A compter du mois d'octobre et jusqu'au mois de mars, les animaux sont élevés en claustration dans ces salles. En dehors de cette période, les rideaux et les portails sont obstrués tout ou en partie entre 8h00 et 18h30.

Tableau 5.2 - Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur la température dans les salles de pré-troupeau et de gestation.

	Système *Litière*		Système *Caillebotis*		Cvr[2]	Effets sta.[1]
Logement et alimentation en gestation[3]	DAC	RC	DAC	RC		
Pré-troupeau, °C						
Nombre de relevés	16		16			
Minimum	---------16,5-------		---------18,6--------		1,7	Sy^{t}
Maximum	---------19,2-------		---------20,5--------		4,3	
Amplitude	----------2,7--------		---------1,8---------		37,0	Sy**
Moyenne	---------17,8-------		---------19,6--------		2,9	Sy*
Gestante, °C						
Nombre de relevés	5	11	5	11		
Minimum	17,6	17,6	19,9	20,5	5,6	Sy***
Maximum	21,4	21,2	22,7	22,4	5,2	Sy*
Amplitude	3,8	3,6	2,8	1,8	17,5	Sy***, SSy*
Moyenne	19,5	19,4	21,3	21,4	5,2	Sy***

[1]Analyses de la variance avec les effets du système (Sy), du sous-système (SSy) et de l'interaction (SyxSSy).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.
[3]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.

Tableau 5.3 - Incidence du mode de logement et d'alimentation des porcs en croissance sur les températures dans les salles de post-sevrage et d'engraissement.

	Alimentation engraissement[3]		Système *Litière*		Système *Caillebotis*		Cvr[2]	Effets stat.[1]
	NO	SP	PA[4]	SC[4]	OP[4]	LG[4]		
Nombre de relevés	28		7	7	7	7		
Post-sevrage, °C								
Minimum	------23,7------		22,4b	22,4b	25,2a	25,3a	1,7	Sy***
Maximum	------25,8------		24,5b	25,0b	27,1a	27,2a	4,3	Sy***
Amplitude	-------2,1------		2,3	2,5	1,9	1,9	37,0	
Moyenne	------24,8------		23,4b	23,7b	26,2a	26,2a	2,9	Sy***
Engraissement, °C								
Minimum	21,3	20,9	18,9b	20,2b	23,0a	23,1a	5,6	Sy***
Maximum	24,4	24,4	23,1b	23,8b	25,3a	25,6a	5,2	Sy***
Amplitude	3,1	3,5	4,3b	3,6b	2,3a	2,5a	17,5	Sy***, SyxAl^{t}
Moyenne	22,8	22,7	21,0b	22,0b	24,2a	24,3a	5,2	Sy***

[1]Analyses de la variance avec les effets du système (Sy), du mode d'alimentation (Al) (uniquement pour les données d'engraissement), du sol intra système (So(Sy)) et des interactions.
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.
[3]NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.
[4]PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.

5.1.2 Température intérieure

La température à l'extérieur des bâtiments a un effet sur la température mesurée à l'intérieur des salles mais son impact diffère selon le système d'élevage. Les salles de gestation et d'engraissement du système *Caillebotis* sont moins sensibles aux variations de température extérieure que celles du système *Litière*. Les pentes de régression entre les températures extérieures et intérieures des salles de gestation sont de 0,21 (CI) et de 0,39 (LI). Dans les salles d'engraissement, elles sont respectivement de 0,06 et de 0,22. En revanche, les salles de post-sevrage des deux systèmes *Litière* et *Caillebotis* sont moins sensibles aux variations de température extérieure. Les pentes de régression sont de 0,09 pour le premier et de 0,13 pour le second (P>0,10). L'analyse des amplitudes de température ambiante mesurées dans les salles corrobore ces constats. Les salles de pré-troupeau, de gestation et d'engraissement du système *Caillebotis* présentent des amplitudes de température inférieures à celles du système *Litière* (2,2°C contre 3,5°C en moyenne, tableau 5.2 et 5.3). Par contre, les amplitudes de température enregistrées dans les salles de post-sevrage des deux systèmes d'élevage sont proches (1,9°C contre 2,4°C, tableau 5.3).

Le mode de logement et d'alimentation des truies gestantes affecte l'amplitude de température à l'intérieur des salles (Tableau 5.2). Tout en restant modérée, les salles de gestation composées de cases équipées de réfectoires et d'une auge (RC) présentent une amplitude moyenne de température inférieure à celle constituée d'une seule case équipée d'un automate de distribution d'aliment (DAC) (2,7°C contre 3,3 °C).

Les écarts d'amplitude de température entre les salles d'engraissement CI et LI tendent à être différents selon le mode d'alimentation des porcs (Tableau 5.3). Sur caillebotis, si les amplitudes de température dans les salles sont proches quel que soit le mode d'alimentation (2,4°C en moyenne), les salles sur litière équipées de nourrisseurs (NO) présentent des amplitudes de température inférieures à celles munies d'auges recevant des repas de soupe (SP) (3,7 contre 4,3°C).

La température moyenne calculée pour les salles du système *Litière* est inférieure à celle des salles du système *Caillebotis* mais les écarts entre les deux systèmes d'élevage restent limités (2,3°C en moyenne, tableau 5.2 et 5.3). La température minimale dans les salles de gestation CI et d'engraissement des deux systèmes d'élevage est supérieure aux consignes de température minimales fixées lors du prototypage du dispositif (1,6°C en moyenne). Ceci est particulièrement vrai pour les salles d'engraissement sur litière (2,6°C en moyenne).

La température de consigne n'est pas toujours atteinte dans les salles de gestation sur paille (température minimale de 17,6°C contre 19,0°C, tableau 5.2). Enfin, les températures relevées en quarantaine (20,4°C en moyenne) et en maternité (22,9 °C) ne sont pas affectées par le système d'élevage.

5.2 L'incidence des modalités d'élevage sur les performances de reproduction

Seize cohortes de truies élevées sur caillebotis (CI) ou sur litière de paille (LI) ont été suivies au cours de cette expérimentation. Cinq cohortes sont conduites en

Tableau 5.4 - Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur les consommations d'aliment et sur les niveaux d'abreuvement.

	Système *Litière*		Système *Caillebotis*		Cvr[2]	Effets stat.[1]
Mode de logement et d'alimentation en gestation[3]	DAC	RC	DAC	RC		
Consommation d'aliment						
Nombre de relevés quarantaine	32					
Nombre de relevés pré-troupeau	16		16			
Nombre de relevés gestation	5	11	5	11		
Nombre de relevés maternité	89	188	88	180		
Quarantaine – Gestation, kg/truie/j						
Quarantaine	2,78				-	
Pré-troupeau[4]	2,90		2,90		4,4	
Gestation	2,70	2,76	2,71	2,78	4,3	
Entrée maternité – Mise bas						
Apport, kg/truie/j	2,82	2,91	2,87	2,87	11,0	Rg***, SyxSSy^{t}
Refus, %[4]	0,07	0,36	0,21	1,37	-	
Mise bas – Sevrage						
Apport, kg/truie/j	5,81	5,75	5,67	5,80	10,3	Rg***
Refus, %[5]	4,03	7,34	7,01	3,70	-	Rg***, SyxSSy***
Abreuvement						
Nombre de relevés pré-troupeau	6		6			
Nombre de relevés gestation	28	24	28	24		
Nombre de relevés maternité	20		20			
Pré-troupeau, l/truie/j	7,8		7,1		-	-
Gestation, l/truie/j	8,6	12,6	7,6	12,6	19,6	Ssy**, SyxSSy^{t}
Maternité, l/truie/j	37,4		38,5		25,0	

[1]Analyses de la variance avec les effets du système (Sy), du sous-système (SSy), du rang de portée (Rg) et des interactions.
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.
[3]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
[4]Verrats « *souffleurs* » et truies en infirmerie inclus.
[5]% de repas non consommés en totalité.

gestation dans des cases équipées d'un automate de distribution d'aliment (DAC), 11 cohortes dans des cases de 6 à 10 truies équipées de réfectoires munis d'une auge (RC). Les cochettes sont affectées à l'un des deux systèmes d'élevage au moment de leur réception, 67 sont attribuées au système *Caillebotis* et 80 au système *Litière*. Après un séjour de 6 semaines en quarantaine et trois semaines en pré-troupeau, elles sont incorporées dans les bandes au moment du sevrage. Les truies CI ont donné naissance à 268 portées (DAC : 88 portées et RC : 180 portées) et LI à 277 portées (DAC : 89 portées et RC : 188 portées). L'état pondéral et corporel des truies est mesuré à différents stades. Leurs performances de reproduction et de lactation sont calculées.

Les consommations moyennes d'aliment sont calculées par cohorte en quarantaine (32 observations), dans le pré-troupeau (16 observations par système), en gestation DAC (5 observations par système) et RC (11 observations par système). A compter du transfert des truies en maternité et jusqu'au sevrage, elles sont établies par truie (CI : 268 observations et LI : 277 observations). La présence de restes d'aliment dans les auges en maternité entre deux repas successifs est enregistrée pour chaque truie (présence/absence) et exploitée.

Intra-système, les quantités d'eau distribuées aux animaux du pré-troupeau sont vérifiées à 6 reprises (6 observations). Dans la salle de gestation DAC et les maternités de chaque système, les niveaux d'abreuvement sont déterminés à partir d'enregistrements hebdomadaires sur deux cohortes de truies (DAC : 28 observations, maternité : 40 observations). Intra-système, la distribution d'eau dans les salles de gestation RC est contrôlée à deux reprises sur deux cohortes de truies (24 observations).

5.2.1 Alimentation

La quantité d'aliment distribuée quotidiennement aux animaux pendant la phase de préparation à la mise à la reproduction (pré-troupeau) et la gestation n'est pas affectée par le système d'élevage ni par le mode de logement et d'alimentation (pré-troupeau : 2,9 kg et gestation : 2,7 kg, tableau 5.4).

Il existe une interaction entre le système d'élevage (Sy), le mode de logement et d'alimentation (SSy) sur la fréquence des refus d'aliment au cours de la lactation et sur les quantités d'aliment distribuées entre l'entrée des animaux en maternité et la mise bas ($P<0,10$) (Tableau 5.4). Lorsque les truies sont élevées sur caillebotis pendant la gestation, la présence de restes entre deux distributions successives d'aliment en maternité est moins fréquente chez les animaux RC comparativement aux truies DAC (3,7% contre 7,0% du nombre total de repas distribués ne sont pas entièrement consommés). Inversement, les fréquences de refus en lactation sont inversées entre les truies DAC et RC lorsqu'elles sont conduites sur litière en gestation (7,3% contre 4,0%). Sur litière, entre l'entrée en maternité et la mise bas, les truies DAC consomment moins d'aliment que les truies RC (-3,1%), les niveaux d'alimentation entre les truies de ces deux modes de logement et d'alimentation étant équivalents sur caillebotis.

Tableau 5.5 - Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur l'état pondéral et corporel, sur les performances de lactation et de reproduction.

	Système *Litière*		Système *Caillebotis*		Cvr[2]	Effets stat.[1]
Mode de logement et d'alimentation en gestation[3]	DAC	RC	DAC	RC		
Nombre de relevés quarantaine	147					
Nombre de relevés pré-troupeau	80		67			
Nombre de relevés maternité	89	188	88	180		
Poids						
Cochettes, kg						
Entrée en quarantaine j0	----------116,1----------				-	
Sortie de quarantaine j42	----------137,0----------				-	
Mise à la reproduction j63	------153,2-----		------153,7-----		3,1	Pv***
Ensemble des animaux, kg						
Entrée en maternité j0	230,4	248,4	233,6	248,3	7,9	SSy***, Rg***, SyxSSy^{t}
Sevrage j28	215,3	225,4	216,0	230,4	8,6	SSy***, Rg***
Perte en maternité j0 – j28	15,0	23,0	17,6	17,9	-76,4	SSy***, Rg***, SyxSSy**
Epaisseur de lard dorsal						
Cochettes, mm						
Entrée en quarantaine j0	----------12,4----------				-	
Sortie de quarantaine j42	----------13,2----------				-	
Mise à la reproduction j63	------14,5------		------14,0------		14,1	Sy^{t}, El***
Ensemble des animaux, mm						
Entrée en maternité j0	15,9	15,9	16,1	15,6	19,4	Rg*
Sevrage j28	12,8	12,8	12,8	12,6	21,6	Rg^{t}
Perte en maternité j0 – j28	3,0	3,0	3,4	3,0	-66,2	Rg*
Performances de lactation						
Durée de lactation, j	25,1	25,7	25,5	25,1	14,7	Rg***
Rang de portée	2,30	2,46	2,45	2,48	53,9	
Nés totaux/portée	12,9	13,2	13,2	13,3	22,1	
Morts nés/portée	0,5	0,6	0,6	0,5	-	
Nés vivants/portée	12,5	12,5	12,5	12,7	21,3	
Sevrés/portée	11,2	10,9	10,5	10,8	17,2	Rg**, Sy x SSy^{t}
Pertes/vivants après adoption, %[4]	7,3	10,8	15,3	12,0	128,0	Sy***, Sy x SSy*
Poids des porcelets, kg						
Après adoption	1,49	1,45	1,40	1,44	23,3	Sy*, Rg***
Au sevrage	8,09	7,95	7,96	8,34	18,0	Rg***, Sy x SSy^{t}
Performances de reproduction						
Durée de gestation, j	114,3	114,6	114,3	114,7	-	-
Intervalle Sevrage – Insémination, j	5,1	4,6	6,2	4,6	2,0	SSy*
Fertilité/aux truies inséminées, %						
Retour en chaleur	11,8	17,8	17,5	18,3	-	
Avortement	1,3	2,3	1,2	2,7	-	
Mise bas	74,0	73,9	73,5	72,6	-	
Réforme/truies inséminées, %	14,1	17,4	16,5	16,4	-	

[1]Test de x2 : effet du système (Sy) et du sous-système (SSy). Analyses de la variance avec les effets du système (Sy), du sous-système (SSy), du rang de portée (Rg), du poids à la sortie de la quarantaine (Pv) (état pondéral et corporel), de l'épaisseur de lard dorsal à la sortie de la quarantaine (El) (état pondéral et corporel) et des interactions.
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.
[3]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
[4]% du nombre de porcelets sevrés sur le nombre de porcelets vivants par portée après adoption.

5.2.2 Abreuvement

Le niveau moyen d'abreuvement pendant la phase de préparation à la mise à la reproduction, la gestation et la lactation ne dépend pas du système d'élevage (Tableau 5.4). En revanche, il diffère en gestation selon le mode de logement et d'alimentation. Les truies DAC consomment quotidiennement moins d'eau que des truies RC (8,1 litres contre 12,6 litres par truie en moyenne), conduisant à une dilution moindre de la ration (DAC : 2,8 litres contre RC : 4,3 litres d'eau par kg d'aliment).

L'écart de niveau d'abreuvement entre les truies DAC et RC diffère selon le système d'élevage (Tableau 5.4). Il est moins marqué chez les truies LI que chez les truies CI (4,0 litres contre 5,0 litres par truie en moyenne, $P<0,10$). La quantité d'eau distribuée aux truies DAC à l'occasion des prises alimentaires étant équivalente quel que soit le système d'élevage (2,8 litres par truie et par jour en moyenne), les animaux sur caillebotis sollicitent donc moins les abreuvoirs que ceux conduits sur litière (4,8 litres contre 5,8 litres d'eau par truie et par jour).

5.2.3 Poids et état corporel

Le système d'élevage n'a pas d'effet sur le poids des truies à l'entrée en maternité ni au sevrage (Entrée : 240,2 kg et sevrage : 221,8 kg, tableau 5.5). Le poids des truies DAC est inférieur à celui des animaux RC à l'entrée en maternité (232 kg contre 248 kg par truie) et au sevrage (216 kg contre 228 kg). L'ajustement du modèle d'analyse de variance par le poids des nullipares lors de leurs incorporations dans les bandes (153 kg en moyenne) ne permet pas d'expliquer cet effet. L'impact du mode de logement et d'alimentation sur le poids des truies à l'entrée en maternité diffère selon la nature du sol. L'écart de poids entre les truies DAC et RC est en effet plus faible lorsque les animaux sont élevés sur caillebotis (14,7 kg contre 18,0 kg par truie, $P<0,10$).

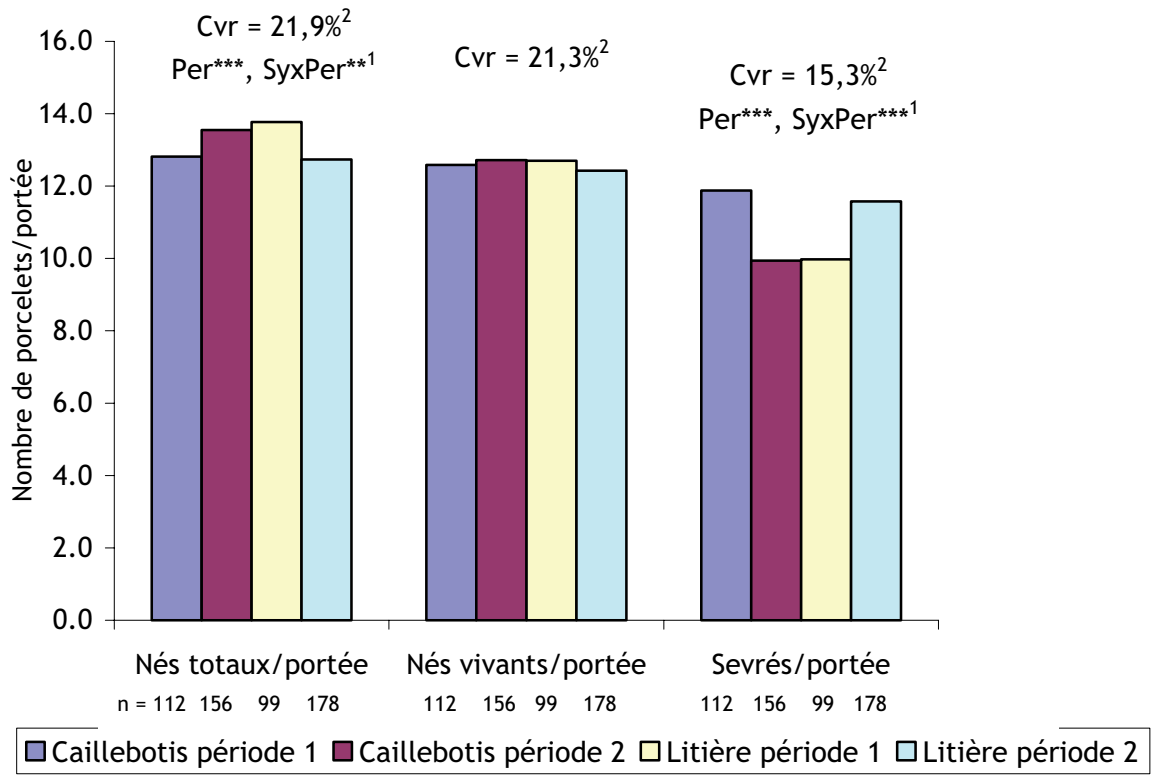
Au cours de la lactation, la perte de poids des truies DAC est inférieure à celle des truies RC (16,3 kg contre 20,5 kg par truie, tableau 5.5) mais dépend de la nature du sol, la perte de poids étant la plus élevée pour les truies RC élevées en gestation sur litière (23,0 kg contre en moyenne 16,8 kg pour les trois autres modalités d'élevage).

A la mise à la reproduction, l'épaisseur de lard dorsal des cochettes est conditionnée par le système d'élevage ($P<0,10$, tableau 5.5). Malgré un écart modéré, l'embonpoint des cochettes CI est inférieur à celui des animaux LI (-0,5 mm) avec un niveau d'alimentation équivalent (2,9 kg par jour). En revanche, l'épaisseur de lard dorsal des truies au sevrage et à l'entrée en maternité ne dépend ni du système d'élevage, ni du mode de logement et d'alimentation.

5.2.4 Performances de lactation

Le nombre de porcelets nés totaux, morts nés, nés vivants et sevrés par portée n'est pas influencé par le système d'élevage (Tableau 5.5). En revanche, le pourcentage de perte de porcelets pendant la lactation est plus faible lorsque les truies sont élevées sur litière pendant la gestation comparativement aux animaux logés sur caillebotis alors que le mode de logement en maternité est identique (9,1% contre 13,7% de perte de porcelets par portée). Le poids de naissance des

Figure 5.1 - Incidence de la période sur la taille de la portée.



[1]Analyses de la variance avec les effets du système (Sy), de la période (Per) et de l'interaction (SyxPer).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.
Période 1 : juillet 2006 – mai 2007 ; période 2 : mai 2007 – mai 2008.

porcelets nés de truies élevées en gestation sur caillebotis est inférieur à celui des porcelets issus de truies conduites sur litière (1,42 kg contre 1,47 kg par porcelet). Ce constat est particulièrement marqué pour les portées de truies DAC élevées sur caillebotis en gestation (1,40 kg contre en moyenne 1,46 kg par porcelet).

Il existe une interaction entre le système d'élevage (Sy), le mode de logement et d'alimentation (SSy) sur le pourcentage de perte de porcelets pendant la lactation (Tableau 5.5). Lorsqu'elles sont élevées en gestation sur litière, les truies DAC présentent un pourcentage de pertes de porcelets au cours de la lactation inférieur à celui des truies RC (7,3% contre 10,8% de perte de porcelets par portée) alors que l'inverse est observé sur caillebotis (15,3% contre 12,0%). L'interaction entre le système d'élevage (Sy), le mode de logement et d'alimentation (SSy) sur le nombre de porcelets sevrés par portée et le poids des porcelets au sevrage est également significative (P<0,10). Lorsque les truies sont élevées sur litière en gestation, le poids et le nombre de porcelets des truies RC sont inférieurs à ceux des truies DAC (écart de poids de 1,7% et de nombre de porcelets de 2,7%). Inversement, sur caillebotis, les truies DAC présentent un poids et un nombre de porcelets inférieurs aux animaux RC (écart de poids de 4,6% et de nombre de porcelets de 2,8%).

L'analyse chronologique des performances des 16 cohortes de truies montre que les 6 premiers lots d'animaux élevés en gestation sur caillebotis sèvrent un nombre de porcelets par portée supérieur aux lots conduits sur litière (période 1 : de juillet 2006 à mai 2007, figure 5.1). En revanche, les différences de performances entre les deux systèmes d'élevage sont inversées pour les 10 cohortes suivantes (période 2 : de mai 2007 à mai 2008). Ces constats sont indépendants de la taille de la portée à la naissance. Au cours de la période 1, sur caillebotis, le nombre de porcelets nés totaux par portée est en effet inférieur à celui observé sur litière (-1,0 porcelet) mais le nombre de porcelets au sevrage est supérieur (+1,9 porcelets). Inversement, aux cours de la période 2, les truies CI présentent un nombre de porcelets nés totaux par portée supérieur à celui des truies LI (+0,8 porcelet), mais le nombre de porcelets au sevrage est inférieur (-1,6 porcelets). Intra-système, les écarts de performances entre ces deux périodes s'expliquent par les pertes de porcelets en cours de lactation. Elles augmentent sur caillebotis consécutivement à un changement de personnel opéré le 24 avril 2007. A compter de cette date, l'équipe en charge du suivi quotidien des animaux et des installations du bâtiment *Naissage* sur caillebotis au cours de la première période a assuré les mêmes missions sur litière au cours de la deuxième période, et réciproquement pour l'équipe affectée au *Naissage* litière durant la première période.

Malgré cet effet humain, les interactions entre le système d'élevage (Sy), le mode de logement et d'alimentation (SSy) sur le pourcentage de perte de porcelets en lactation, le poids des porcelets et la taille de la portée au sevrage sont vérifiés au cours de ces deux périodes, mais avec des amplitudes plus ou moins marquées selon les équipes.

5.2.5 Performances de fécondité

Le rapport entre le nombre de truies mettant bas et le nombre de truies inséminées ne diffère pas d'un mode d'élevage à l'autre (Tableau 5.5). Il en est de

même pour le pourcentage de truies manifestant un oestrus dans les semaines qui suivent leurs inséminations ou mettant bas prématurément. Toutefois, on peut noter que les niveaux de ces critères techniques sont en dessous des performances attendues et contribuent à expliquer les taux de réforme particulièrement élevés (16,1% des truies inséminées sont réformées). Afin de disposer d'un nombre suffisant de truies à la mise bas, une à deux cochettes supplémentaires sont incorporées dans chaque bande au moment du sevrage, modifiant ainsi la *règle de décision* concernant le renouvellement des truies des bandes.

Les truies RC présentent un intervalle de temps entre le sevrage et la première insémination inférieur à celui des animaux DAC (4,6 jours contre 5,6 jours, tableau 5.5). Enfin, quel que soit le mode d'élevage, la durée de lactation est en retrait de 2,6 jours à celle prévue à l'occasion du prototypage du dispositif expérimental (25,3 jours contre en moyenne 28,0 jours).

5.3 L'incidence des modalités d'élevage sur les performances des porcs en croissance et la qualité des carcasses

Intra-système, 7 bandes de porcs en croissance sont suivies en post-sevrage et en engraissement. Les animaux sont élevés sur caillebotis suivant deux modalités de surface (optimum OP et large LG) ou sur litière selon deux types de support (paille PA et sciure de bois SC). Chaque bande de porcs reçoit en engraissement soit une alimentation sèche au nourrisseur et à volonté (NO, 4 bandes), soit humide sous forme de repas de soupe et rationnée (SP, 3 bandes).

Les porcelets sevrés par le dispositif (CI : 1112 animaux et LI : 1333 animaux) n'ont pas été conservés en totalité en post-sevrage et en engraissement. Les contraintes réglementaires imposées lors de la configuration du dispositif interdisent de commercialiser annuellement plus de 2480 porcs charcutiers. Des animaux sont ainsi vendus à 8 kg ou à 25 kg. Ces flux vers l'extérieur expliquent, avec les mortalités, les écarts entre le nombre de porcelets sevrés et engraissés sur le site expérimental.

Les performances de croissance et de carcasse de 1078 porcs charcutiers élevés sur litière (PA : 534 animaux et SC : 544 animaux) et 1175 porcs conduits sur caillebotis (LG : 587 animaux et OP 588 animaux) sont analysées. Les quantités d'aliment distribuées aux porcs sont consignées toutes les semaines. Les consommations moyennes journalières sont déterminées et les indices de consommation calculés (14 observations par modalité OP, LG, PA et SP).

La quantité d'eau bue en post-sevrage est relevée quotidiennement sur deux bandes de porcelets (148 observations pour chacune des modalités OP, LG, PA et SC). En engraissement, des enregistrements hebdomadaires des consommations en eau sont effectués sur deux bandes de porcs charcutiers NO et deux bandes SP (56 observations par modalité OP, LG, PA et SC et par mode d'alimentation NO et SP).

Tableau 5.6 - Incidence du mode de logement et d'alimentation des porcs en croissance sur les performances zootechniques.

	Alimentation engraissement[3]		Système *Litière*		Système *Caillebotis*		Cvr[2]	Effets stat.[1]
	NO	SP	PA[4]	SC[4]	OP[4]	LG[4]		
Nombre de relevés alimentation	32	24	14	14	14	14		
Nombre de relevés abreuvement	408	408	204	204	204	204		
Nombre de relevés animaux	1268	985	534	544	588	587		
Post-sevrage								
Poids entrée, kg	--------8,5-------		8,5	8,5	8,6	8,5	12,0	
GMQ, g	-------523-------		514a	473b	547a	562a	11,0	Sy***, Sol(Sy)*
CMJ								
Aliment, kg/porc/j	-------0,76------		0,77	0,74	0,78	0,77	9,4	Sy^{t}
Eau, l/porc/j	-------1,88------		1,53	1,54	2,23	2,23	49,9	Sy*
IC, kg/kg	-------1,45------		1,45ab	1,53b	1,41a	1,41a	8,5	Sy*
Engraissement								
Poids entrée, kg	27,5	28,8	27,4b	26,5c	29,2a	29,3a	11,1	Sy***, Al***, So(Sy)***
GMQ, g	1012	944	959c	989b	985b	1001a	11,7	Sy***, Al****, Se***, SexAl^{t}, SyxAl***, So(Sy)***
CMJ								
Aliment, kg/porc/j	2,50	2,39	2,42	2,47	2,47	2,46	3,9	Al**
Eau, l/porc/j	5,54	5,70	5,63	5,46	5,73	5,73	27,6	
IC, kg/kg	2,49	2,51	2,49	2,52	2,51	2,47	4,3	Pent*
Poids à la vente, kg	123,0	117,0	120,2ab	120,2ab	119,3b	121,7a	7,0	Al***, So(Sy)***
Age à la vente, j	158	160	161a	161a	157b	157b	6,6	Sy***, Al***, Se***, SexAl^{t} , SexSy^{t}, SyxAl***
Carcasse								
G1, mm	18,0	16,8	17,4ab	17,6a	17,1c	18,0a	18,5	Al*, Se***, SexAl**, SexSy^{t}, SyxAl**, So(Sy)**, Pv***
G2, mm	16,3	15,0	16,3a	16,0a	15,1b	15,6b	18,6	Sy***, Al***, Se***, SexAl**, So(Sy)*, Pv***
M2, mm	60,9	57,6	59,5b	59,2b	59,8a	59,4b	8,3	Al***, Se***, So(Sy)*, Pv***
TMP, %	59,0	59,4	59,0b	59,1b	59,7a	59,1b	3,9	Sy***, Se***, SexAl***, SyxAl^{t}, So(Sy)**, Pv***
Plus value technique[5]	10,1	11,1	9,9b	10,4ab	11,7a	10,4ab	70,7	Sy**, Se***, SexAl**, SexSy*, So(Sy)*, Pv***
% dans la gamme	86,2	87,9	84,9	88,5	89,3	85,7	9,2	Pv*

GMQ : Gain moyen quotidien ; CMJ : Consommation moyenne journalière ; IC : Indice de consommation ; TMP : Taux de muscle des pièces ; G1 et G2 : épaisseurs de gras.

[1]GMQ, poids, âge, gras, muscle, TMP, plus value : analyses de la variance avec les effets du système (Sy), du sexe (Se), du mode d'alimentation (Al) (uniquement pour les données d'engraissement), du sol intra système (So(Sy)) et des interactions. CMJ, IC : Analyses de la variance avec les effets du système (Sy), du mode d'alimentation (Al) (uniquement pour les données d'engraissement), du sol intra système (So(Sy)) et des interactions.

*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.

[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.

[3]NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.

[4]PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large. [5]Centimes d'euros/kg de carcasse.

5.3.1 Alimentation

Le système d'élevage affecte les consommations d'aliment en post-sevrage (P<0,10, tableau 5.6). Les porcs sur litière consomment moins d'aliment que ceux conduits sur caillebotis (0,76 kg contre 0,78 kg par porc et par jour), particulièrement ceux élevés sur sol sciure. Ces derniers présentent des consommations en retrait comparativement aux trois autres modalités de logement (0,74 kg contre en moyenne 0,77 kg). Le système d'élevage conditionne également le comportement alimentaire des animaux, en particulier dans les premières semaines qui suivent le sevrage. Ainsi, les porcelets LI mettent en moyenne 5 jours de plus à consommer 6 kg d'aliment 1er âge que les animaux CI.

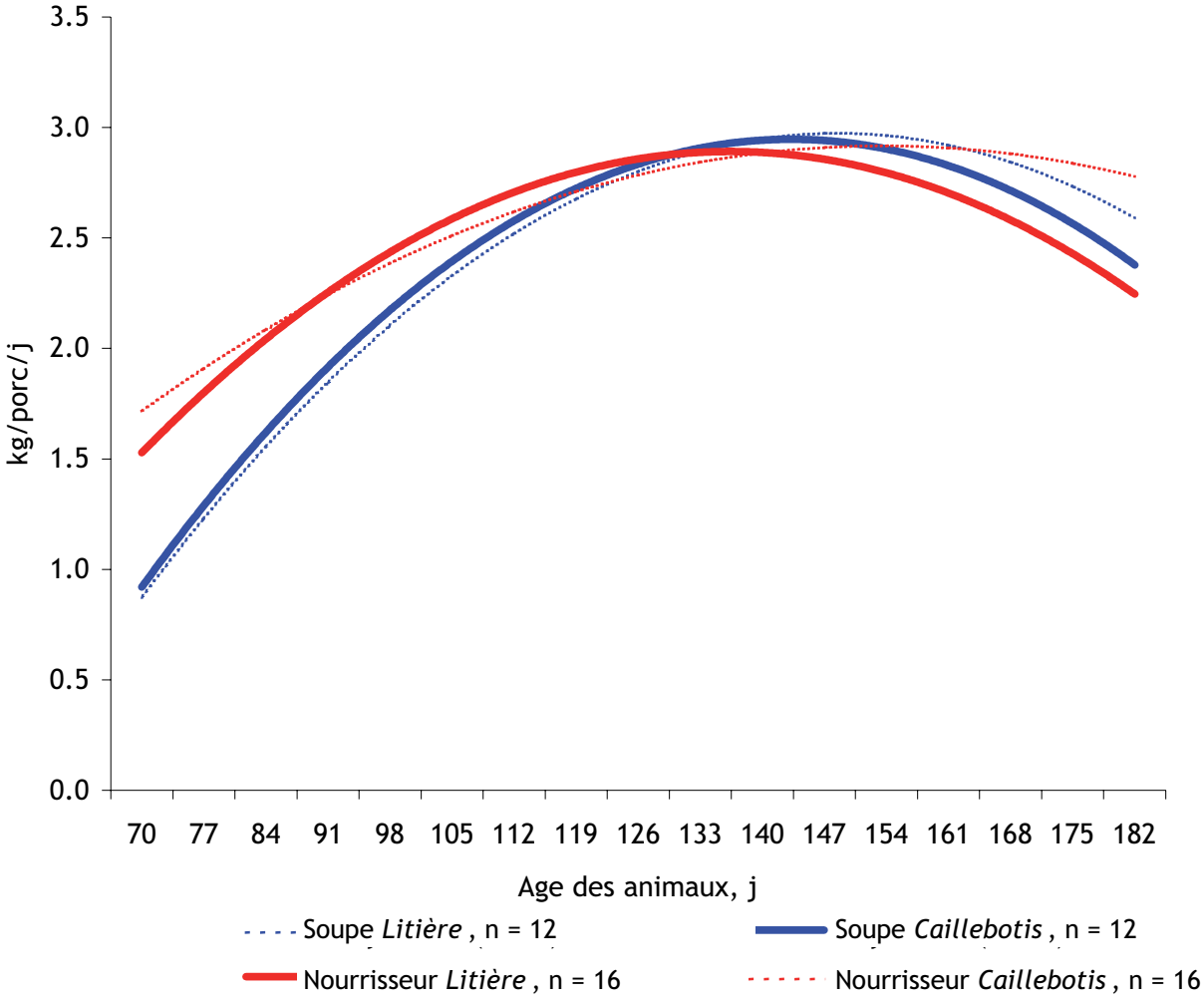
En engraissement, la consommation d'aliment n'est pas affectée par le mode de logement (2,45 kg par porc et par jour en moyenne, tableau 5.6). En revanche, la consommation journalière diffère selon le mode d'alimentation. Les porcs alimentés au nourrisseur (NO) consomment en moyenne 4,4% d'aliment de plus que ceux qui reçoivent des repas de soupe (SP). Durant les 56 premiers jours d'engraissement, la quantité d'aliment distribuée aux porcs SP est inférieure à celle ingérée spontanément par les porcs NO (Figure 5.2 ci-après). Cette différence explique l'écart de consommation moyenne relaté précédemment pour l'ensemble de la période d'engraissement, le plafond d'alimentation appliqué aux porcs SP étant proche de celui des animaux NO (3,0 kg par porc et par jour). Ce plafond est atteint en moyenne 80 jours après l'entrée en engraissement des porcs SP et cela quel que soit le système d'élevage. En alimentation sèche au nourrisseur, le niveau d'ingestion spontané est atteint plus tôt sur litière (73 jours) que sur caillebotis (98 jours).

5.3.2 Abreuvement

En post-sevrage, le mode de logement a un impact sur le niveau d'abreuvement (Tableau 5.6) conformément aux quantités d'aliment consommées, les porcelets du système *Litière* sollicitent moins les abreuvoirs que ceux du système *Caillebotis* (1,5 litres contre 2,2 litres par porc et par jour). Le taux de dilution de la ration des porcs LI est inférieur à celui des porcs CI (2,0 litres contre 2,9 litres d'eau par kg d'aliment).

Le niveau d'abreuvement n'est pas influencé par le mode de logement ni par le mode d'alimentation en engraissement (5,6 litres par porc et par jour en moyenne, tableau 5.6). La dilution de la ration n'est pas affectée par le mode de logement (2,30 litres d'eau par kg d'aliment en moyenne) même si elle apparaît légèrement inférieure chez les porcs élevés sur litière de sciure (2,21 litres contre en moyenne 2,33 litres par kg d'aliment). En revanche, le taux de dilution est influencé par le mode d'alimentation (P<0,10). Il est de 2,22 litres d'eau par kg d'aliment lorsque les animaux sont alimentés au nourrisseur contre 2,38 litres lorsqu'ils reçoivent des repas de soupe. En soupe, il apparaît légèrement supérieur au taux de dilution prescrit à l'occasion de la configuration des itinéraires techniques (2,25 litres par kg d'aliment) : des apports complémentaires en eau sont réalisés en début d'engraissement, le niveau d'alimentation appliqué ne permettant pas de couvrir les besoins des porcelets.

Figure 5.2 - Incidence du mode de logement et d'alimentation sur la quantité d'aliment distribuée quotidiennement en engraissement.



5.3.3 Performances de croissance

Post-sevrage

En post-sevrage, le système d'élevage conditionne l'indice de consommation (IC) et le gain moyen quotidien (GMQ) (Tableau 5.6). Les porcelets du système *Litière* présentent un IC supérieur de 5,4% et un GMQ inférieur de 11,0% à ceux du système *Caillebotis*. Le poids des animaux au sevrage et la durée de présence en post-sevrage étant identiques quelles que soient les modalités mises en comparaison, les porcs LI sont moins lourds à l'entrée en engraissement que les animaux CI (27,0 kg contre 29,3 kg par porcelet).

Conformément au niveau d'alimentation, le mode de logement impacte le GMQ des porcelets (Tableau 5.6), tout particulièrement les animaux SC qui présentent un GMQ inférieur de 12,6% à la moyenne de celui des porcs des 3 autres modalités de logement. Par conséquent, le poids des porcelets SC à l'entrée en engraissement est inférieur de 9,4% à celui des animaux élevés sur caillebotis, le poids des porcs PA étant intermédiaire (-6,3%). En accord avec les résultats de croissance et de consommation, l'IC des porcelets SC est supérieur à celui des animaux PA (+5,2%) et CI (+7,8%). Enfin, le GMQ et l'IC des porcelets CI ne sont pas tributaires de la surface qui leur est offerte.

Engraissement

Le système d'élevage influence l'âge à l'abattage et le GMQ des animaux (Tableau 5.6). Comparativement aux porcs élevés sur litière, les animaux du système *Caillebotis* sont abattus plus tôt (157 jours contre 161 jours) et présentent un GMQ supérieur (993 g contre 974 g). En revanche, le système d'élevage n'affecte pas l'IC (2,50 en moyenne) et le poids d'abattage des animaux (120,4 kg en moyenne).

Le mode de logement conditionne les performances de croissance (Tableau 5.6). Le poids moyen d'abattage des animaux LG est supérieur à celui des animaux OP (+2,0%) et à celui des porcs LI (+1,2%). Ces différences s'expliquent principalement par le GMQ plus élevé des porcs LG (1001 g) comparées aux animaux OP et SC (987 g en moyenne) et PA (959 g). Sur caillebotis, l'augmentation de la surface offerte aux porcs charcutiers affecte modérément, mais de manière significative, les performances de croissance (+15 g par jour). Par contre, l'IC n'est pas influencé par le mode de logement et d'alimentation, même s'il tend à favoriser les performances des animaux disposant d'une surface plus importante sur caillebotis (2,47 contre en moyenne 2,51 pour les 3 autres modalités de logement).

Le mode d'alimentation affecte la croissance (Tableau 5.6). Les porcs NO ont un GMQ supérieur de 6,7% à celui des animaux SP, conformément aux écarts de consommation rapportés précédemment (4,4%). Ils sont abattus 4 jours plus tôt et pèsent 6 kg de plus que les animaux SP.

L'écart de GMQ entre les animaux des deux systèmes d'élevage est influencé par le mode d'alimentation (Tableau 5.7 ci-après). Comparés aux animaux SP sur caillebotis, les porcs SP sur litière ont un âge à l'abattage supérieur (+3,7%) et un GMQ plus faible (-4,3%). En revanche, le système d'élevage a un impact moindre sur le GMQ (+0,6%) et l'âge à l'abattage (-2,1%) des animaux NO.

Tableau 5.7 - Performances zootechniques et plus value technique par niveau d'interaction significative (P<0,05) : Sexe x Mode d'alimentation en engraissement (SexAl), Système x Mode d'alimentation en engraissement (SyxAl) et Système x Sexe (SyxSe).

	Sexe x Mode d'alimentation[1]				Système x Mode d'alimentation[1]				Système x Sexe			
	Castrat		Femelle		Système *Caillebotis*		Système *Litière*		Système *Caillebotis*		Système *Caillebotis*	
	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	Castrat	Femelle	Castrat	Femelle
Nombre de relevés	686	527	656	531	647	515	695	543	592	570	621	617
GMQ engraissement (g)	-	-	-	-	1015a	966a	1009a	924b	-	-	-	-
	-		-		993a		972b		-		-	
Age à la vente (j)	-	-	-	-	157c	157b	159b	163a	-	-	-	-
	-		-		157b		161a		-		-	
G1 (mm)	19,3a	17,8b	16,7c	15,9c	18,2a	16,6b	17,8a	17,0b	-	-	-	-
	18,7a		16,3b		17,5		17,5		-		-	
G2 (mm)	17,8a	16,3b	14,7c	13,8c	-	-	-	-	-	-	-	-
	17,1a		14,3b		-		-		-		-	
TMP (%)	57,8d	58,5c	60,2a	60,4b					-	-	-	-
	58,1b		60,3a						-		-	
Plus value technique (Centimes d'euros/kg)	7,6b	9,4b	12,7a	12,9a	-	-	-	-	9,2b	12,9a	7,6c	12,6a
	8,4b		12,8a		-		-		11,0a		10,1b	

[1]NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.

Les performances de croissance varient selon le type sexuel. Le GMQ des femelles est inférieur à celui des castrats (952 g contre 1014 g). Pour un poids d'abattage équivalent, les castrats sont abattus plus tôt que les femelles (156 jours contre 162 jours). Les deux types sexuels étant conduits séparément, il n'est pas possible d'évaluer les effets sur l'ingestion d'aliment et l'IC.

5.3.4 Caractéristiques des carcasses

Les caractéristiques des carcasses sont déterminées par le système d'élevage. L'épaisseur de gras dorsal G2 des porcs du système *Litière* est supérieure à celle des animaux du système *Caillebotis* (+5,0%, tableau 5.6). Ceci s'accompagne d'un Taux de Muscle des Pièces (TMP) et d'une plus value technique plus faible (TMP : -0,6% et plus value : -8,1%).

Le mode de logement influence les caractéristiques des carcasses (Tableau 5.6). L'épaisseur de gras dorsal G1 des porcs OP est inférieure à celle des animaux des trois autres modalités d'élevage (-3,2%). Les caractéristiques des carcasses sont favorables aux animaux OP de 0,7% pour la valeur M2 et de 1,1% pour le TMP. La plus value technique des porcs OP est par conséquent supérieure de 12,5% à celle des animaux LG, PA et SC. L'ajustement du modèle d'analyse de variance par le poids vifs des porcs à l'abattage ne permet pas d'expliquer en totalité cette différence.

Le type sexuel a un effet sur les caractéristiques des carcasses (Tableau 5.7). Pour un poids d'abattage équivalent (120,5 kg), les épaisseurs de gras dorsal G1 et G2 des castrats sont supérieures à celles des femelles (G1 : +12,8% et G2 : +16,4%). En conséquence et indépendamment du mode d'alimentation, les castrats ont un TMP et une plus value technique inférieurs aux femelles (écart de TMP de 3,6% et de plus value technique de 34,4%).

Le mode d'alimentation fait varier les caractéristiques des carcasses (Tableau 5.6). Les épaisseurs de lard G1, G2 et de muscle M2 des animaux SP sont inférieures de respectivement 6,7%, 8,0% et 5,4% à celles des porcs NO, mais il n'affecte ni le TMP, ni la plus value technique.

L'écart de plus value technique entre les castrats et les femelles est différent selon le système d'élevage (Tableau 5.7). Il est moins marqué sur caillebotis que sur litière, les écarts de plus value technique entre les types sexuels étant de 28,7% chez le premier contre 39,7% chez le second.

La différence d'épaisseur de lard G1 entre les porcs NO et SP varie selon le système d'élevage (Tableau 5.7). Il est moins marqué sur litière (4,5%) que sur caillebotis (8,8%). Les différences d'épaisseur de lard, de muscle, de TMP et de plus value technique entre les castrats et les femelles sont moins importantes chez les animaux SP comparativement aux porcs NO. Les écarts d'épaisseur de lard G1 et G2, de muscle M2, de TMP et de plus value technique entre les castrats et les femelles sont respectivement de 10,7%, 15,3%, 3,1% et 27,1% chez les premiers tandis que ces mêmes écarts s'élèvent à 13,5%, 17,4%, 4,0% et 40,2% chez les seconds.

Tableau 5.8 - Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur les activités stéréotypées

	Système *Litière*		Système *Caillebotis*		Cvr[2]	Effets stat.[1]
Mode de logement et d'alimentation en gestation[3]	DAC	RC	DAC	RC		
Nombre de relevés	63	119	57	96		
Stéréotypies						
Expression de stéréotypies, %[4]	44,4	64,7	71,9	85,4	-	Sy***, SSy**
dont stéréotypies pendant 20 s.	50,0	92,2	51,2	24,4	-	Sy***, SSy***
dont stéréotypies pendant 1min.	50,0	7,8	48,8	75,6	-	Sy***, SSy***
Actes stéréotypés						
Nombre d'actes/truie	2,4	1,2	3,1	4,9	27,7	Sy***, SSy*, SyxSSy***
Nombre d'actes pendant 1 min./truie	1,9	2,2	2,1	2,5	37,0	SSy^{t}
Nature des actes stéréotypés						
Observations pendant 20 s., %[4]						
Fouissage litière	0,0	11,4	-	-	-	SSy***
Léchage sol	7,1	0,0	19,1	5,0	-	Sy**, SSy***
Mâchonnement à vide	14,3	4,3	80,9	75,0	-	Sy***
Mâchonnement de paille	71,4	80,0	-	-	-	
Succions sans support	0,0	1,4	0,0	5,0	-	SSy**
Succions vers support	0,0	2,8	0,0	5,0	-	SSy***
Enroulement de la langue	7,1	0,0	0,0	0,0	-	Sy**, SSy***
Autres	0,0	0,0	0,0	10,0	-	Sy***, SSy***
Observations pendant 1 min., %[4]						
Fouissage litière	25,0	0,0	-	-	-	SSy***
Léchage sol	11,5	4,2	27,6	6,1	-	Sy**, SSy***
Mâchonnement à vide	38,5	50,0	48,6	47,5	-	
Mâchonnement de paille	0,0	0,0	-	-	-	
Succions sans support	17,3	0,0	21,9	9,1	-	Sy*, SSy***
Succions vers support	3,8	37,5	1,0	30,1	-	SSy***
Enroulement de la langue	1,9	0,0	1,0	0,8	-	
Autres	1,9	8,3	0,0	6,4	-	SSy***

[1]Test de x2, effet du système (Sy) et du sous-système (SSy). Analyse de la variance avec les effets du système (Sy), du sous-système (SSy), de la période (Per) et des interactions.
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.
[3]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
[4]% du nombre total de relevés.

5.4 L'incidence des modalités d'élevage sur le comportement des animaux

Intra-système, des observations comportementales sont réalisées sur 3 cohortes de truies (DAC : une bande ; RC : deux bandes) au cours des troisième (P1), neuvième (P2) et quinzième (P3) semaine de gestation. A chaque stade, la posture des truies est relevée 75 min. après la distribution d'aliment du matin pour les truies élevées dans les cases équipées de réfectoires (RC) et 60 min. après le démarrage du distributeur automatique d'aliment pour celles conduites en grand groupe (DAC). Les activités stéréotypées (présence/absence de stéréotypie) et leur nature sont enregistrées 30 min. après la fin des enregistrements relatifs aux postures. Les comportements sont notés à partir d'une observation de chaque truie pendant 20 sec., suivie d'une minute complémentaire d'observation dans le cas où les actes stéréotypés étaient multiples durant les 20 premières sec.. Les activités motrices et d'investigations des truies sont enregistrées à 15h30 en dénombrant pour chaque case le nombre de truies impliquées dans ces activités. Une notation des lésions et leur gravité est réalisée individuellement sur chaque truie à 11h00. Les boiteries (présence/absence de boiterie) sont consignées par case à trois reprises au cours de la gestation.

Des observations comportementales sont réalisées sur une bande de 172 porcs charcutiers élevés sur litière de paille et selon les deux modes d'alimentation (NO et SP). Ils sont élevés dans deux salles indépendantes comportant chacune deux cases de 43 porcs. Dans la première salle, les cases sont équipées de nourrisseurs et d'abreuvoirs (NO). Dans la seconde salle, elles sont équipées de 2 auges permettant la réception des repas de soupe (SP). Le comportement des animaux est enregistré au cours des troisième (P1), septième (P2) et dixième (P3) semaine d'engraissement. Trois séries d'observations d'une heure avec une mesure toutes les minutes sont réalisées à partir de 9h00 (3h30 après la distribution du repas de soupe du matin, S1), 11h30 (une demi-heure avant le repas de soupe de midi, S2) et 14h30 (2h00 avant le repas de soupe du soir, S3). A chaque série d'enregistrements, la posture (nombre d'animaux debout, assis, couchés), l'agitation (nombre d'animaux debout immobiles et en mouvement) et l'activité de fouissage sont consignées.

5.4.1 Comportement des truies en gestation

Stéréotypies

Le système d'élevage a un impact sur le comportement stéréotypé des truies en gestation (Tableau 5.8). La fréquence des truies exprimant des actes stéréotypés est plus faible sur litière que sur caillebotis (54,6% contre 78,7% du nombre total de relevés). Les truies DAC manifestent moins de stéréotypies que les animaux RC (58,1% contre 75,1% du nombre total de relevés).

Le mode de logement et d'alimentation a une influence sur la diversité des actes stéréotypés exprimés par les animaux pendant 20 secondes et durant une minute (Tableau 5.8). Lorsque les truies sont élevées en grand groupe, alimentées avec un automate (DAC), le pourcentage d'animaux exprimant le même acte stéréotypé pendant 20 secondes ou pendant une minute n'est pas affecté par le système d'élevage. En moyenne, la moitié des truies DAC exprime le même acte stéréotypé

pendant 20 secondes quelle que soit la nature du sol, caillebotis ou litière. En revanche, sur litière, les truies RC présentent une activité stéréotypée marquée (64,7% des relevés) mais la nature des actes est peu variable. La répétition du même acte stéréotypé pendant les 20 premières secondes concerne 92,2% des relevés. Inversement, lorsque les animaux RC sont élevés sur caillebotis, le même acte répété pendant 20 secondes concerne seulement 24,4% des relevés.

Le nombre moyen d'actes stéréotypés exprimé par truie est différent selon le système d'élevage (Tableau 5.8). Indépendamment de la durée des épreuves (20 secondes ou une minute), les truies LI expriment en moyenne 1,8 actes contre 4,0 actes pour les animaux CI. Le mode de logement et d'alimentation a un impact sur le nombre d'actes stéréotypés. Les truies DAC expriment en moyenne 2,8 actes contre 3,1 actes pour les truies RC, avec un effet d'interaction entre le système d'élevage (Sy), le mode de logement et d'alimentation (SSy). Sur litière, les truies RC manifestent un nombre d'actes stéréotypés inférieur à celui des animaux DAC (1,2 actes contre 2,4 actes) tandis que l'inverse est observé sur caillebotis (4,9 actes contre 3,1 actes). Le nombre d'actes stéréotypés exprimé pendant une minute diffère selon le mode de logement et d'alimentation, les truies DAC présentant un nombre d'activités moins élevé que les animaux RC (2,0 actes contre 2,4 actes, $P<0,10$).

Le système d'élevage conditionne la nature des actes stéréotypés (Tableau 5.8). Les animaux sur litière ont une activité de mâchonnement de paille marquée (75,7% des relevés sur 20 sec.). Parmi les animaux exprimant le même acte stéréotypé pendant 20 secondes, les truies sur litière lèchent le sol et mâchonnent à vide moins couramment que les animaux sur caillebotis (léchage : 3,6% contre 12,1% ; mâchonnement : 9,3% contre 78,0% des relevés sur 20 sec.). Lorsque les truies expriment plusieurs actes pendant 20 secondes et font l'objet d'une observation pendant une minute, l'acte de léchage du sol est moins commun chez les truies LI comparativement aux animaux CI (7,9% contre 16,9% des relevés sur une min.). Il en est de même pour l'acte de succion sans support (8,7% contre 15,5% des relevés sur une min.).

L'analyse de la nature des activités comportementales selon le mode de logement et d'alimentation montre des différences (Tableau 5.8). Les truies RC lèchent moins souvent le sol que les truies DAC (en moyenne 3,8% contre 16,3% des relevés). Parmi les truies exprimant le même acte stéréotypé pendant 20 secondes, les succions sans support et vers les supports ne concernent que les animaux RC. Lorsque les truies expriment plusieurs actes stéréotypés pendant 20 secondes et font l'objet d'une observation pendant une minute, le pourcentage de truies DAC montrant des succions vers les supports est inférieur à celui des truies RC (2,4% contre 33,8% des relevés sur une min.), tandis que la fréquence des succions sans support est inversée (4,6% contre 16,9% des relevés sur une min.). Concernant le système d'élevage sur litière, l'activité d'investigations est rapportée uniquement chez les truies RC exprimant cet acte pendant 20 secondes (11,4% des relevés sur 20 sec.). En revanche, chez les truies exprimant plusieurs actes stéréotypés pendant 20 secondes et faisant l'objet d'une observation pendant une minute, seules les truies DAC expriment une activité d'investigations (25,0% des relevés sur une min.). Enfin, le mode de logement et d'alimentation a une influence sur la fréquence des activités d'enroulement de la langue et les activités Autres,

Tableau 5.9 - Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur les lésions corporelles.

	Système *Litière*		Système *Caillebotis*		Cvr[2]	Effets stat.[1]
Mode de logement et d'alimentation en gestation[3]	DAC	RC	DAC	RC		
Nombre de relevés	63	119	57	96		
Fréquence des lésions, %[4]						
Oreille	36,5	10,1	38,6	8,3	-	SSy***
Avant	52,4	16,0	56,1	33,3	-	Sy*, SSy***
Flanc	19,0	6,7	38,6	20,8	-	Sy***, SSy***
Arrière train	33,3	3,4	29,8	17,7	-	SSy***
Patte	3,2	0,0	0,0	3,1	-	
Vulve	38,1	1,7	28,1	2,0	-	SSy***
Corps[5]	81,0	28,6	75,4	50,0	-	SSy***, Per***
Note de lésions						
Oreille (/3)	1,57	1,00	1,05	1,25	27,1	SSy*, Per**, SyxSSy ***
Avant (/3)	1,36	1,26	1,25	1,34	36,7	
Flanc (/3)	1,25	1,13	1,18	1,20	34,0	
Arrière train (/3)	1,33	1,00	1,12	1,47	34,7	Per*
Corps (/12)	2,43	1,44	2,51	2,13	21,5	Sy^{t}, SSy***, Per***, SyxSSy^{t}
Patte (/3)	1,50	0,00	0,00	2,67	22,7	
Vulve (/3)	1,08	2,00	1,25	1,00	28,4	Sy^{t}, SyxSSy **

[1]Test de x2 , effet du système (Sy) et du sous-système (SSy). Analyse de la variance avec les effets du système (Sy), du sous-système (SSy), de la période (Per) et des interactions.
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.
[3]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
[4]% du nombre total de relevés.
[5]% du nombre total de relevés des animaux présentant une lésion sur au moins une des quatre parties du corps : oreilles, avant, flanc ou arrière train.

supérieure chez les truies DAC pour la première activité et chez les truies RC pour la seconde.

Au final, les truies élevées sur litière dans des cases équipées de réfectoire (RC) ont une activité tournée principalement vers le substrat meuble, 91,4% des relevés pendant 20 secondes sont des activités de mâchonnements de paille et fouissage de la litière (Tableau 5.8). Les truies exprimant plusieurs actes stéréotypés de nature différente pendant 20 secondes, observées durant une minute, peu représentées pour cette modalité (7,8% du nombre total de relevés), expriment principalement des mâchonnements à vide (50,0% des relevés sur une min.) et des succions vers des supports (37,5% des relevés sur une min.). Sur caillebotis, les activités exprimées pendant 20 secondes par les truies RC sont principalement des mâchonnements à vide (75,0% des relevés sur 20 sec.). Ce comportement est exprimé par les animaux manifestant plusieurs actes pendant 20 secondes et observés pendant une minute (47,5% des relevés sur une min.) auxquels s'ajoutent des activités de succion vers des supports (30,1% des relevés sur une min.), la fréquence de ces deux actes étant relativement proche de celle rapportée précédemment pour les truies RC sur litière. Des activités de léchage du sol et de succion sans support sont observées (respectivement 6,1% et 9,1% des relevés sur une min.). Concernant les truies élevées sur litière en grand groupe et alimentées avec un automate (DAC), les animaux répétant le même acte pendant 20 secondes réalisent surtout des mâchonnements de paille (71,4% des relevés sur 20 sec.) et à vide (14,3% des relevés sur 20 sec.), des activités d'enroulement de la langue et de léchage du sol (7,1% des relevés sur 20 sec. pour chacun de ces deux actes). Dans le cas des observations sur une minute, les animaux réalisent des activités d'investigations de la litière (25,0% des relevés sur une min.), de léchage de sol (11,5% des relevés sur une min.) et de succion sans support (17,3% des relevés sur une min.). Parmi les animaux DAC conduits sur caillebotis et répétant le même acte pendant 20 secondes, les activités de léchage de sol et de mâchonnements à vide sont les plus marquées (respectivement 19,1% et 80,9% des relevés sur 20 sec.). Elles sont présentes chez les truies observées pendant une minute (léchage : 46,8% et mâchonnement : 27,6% des relevés sur 1 min.), auxquelles s'ajoutent des comportements de succion sans support (21,9% des relevés sur une min.).

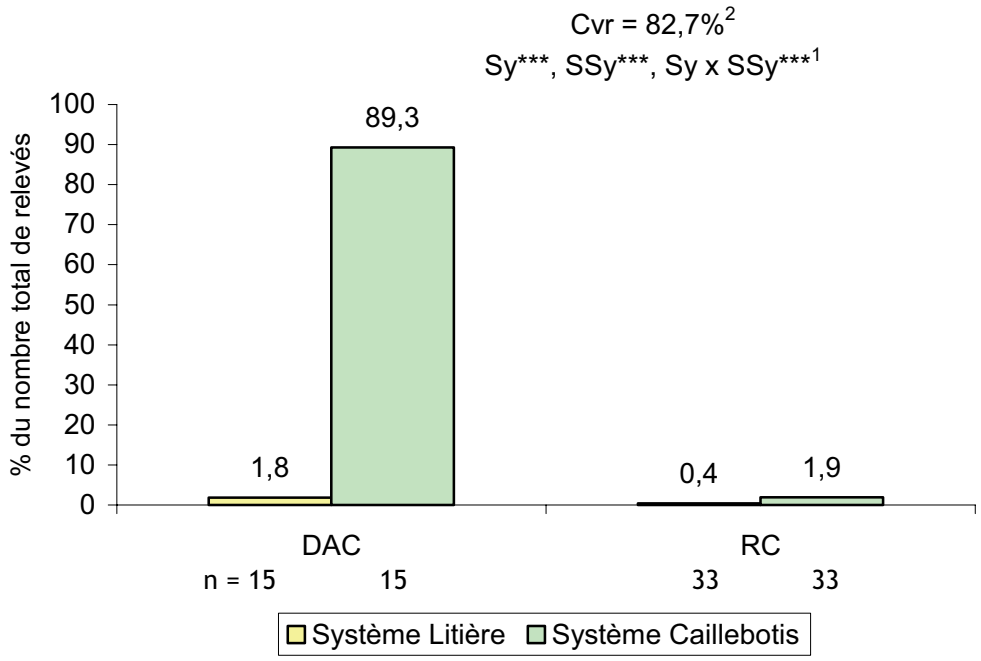
Sur caillebotis, le répertoire des actes stéréotypés des animaux DAC est moins varié que celui des truies RC (Tableau 5.8). Indépendamment de la durée d'observation, les truies DAC expriment 7 des 12 actes inventoriés au cours de cette expérience tandis que les truies RC en manifestent 13. En revanche, sur litière le répertoire des actes stéréotypés des animaux RC est proche de celui des animaux DAC (RC : 9 actes et DAC : 11 actes).

Lésions corporelles

L'examen des lésions corporelles montre un effet du système d'élevage sur la fréquence des blessures (Tableau 5.9). Sur l'avant et sur le flanc, elles sont inférieures sur litière (avant : 34,2% contre 44,7% ; flanc : 12,9% contre 29,7% des relevés).

Hormis les blessures au niveau des pattes, le mode de logement et d'alimentation influence la proportion de truies présentant des lésions (Tableau 5.9). Les truies RC

Figure 5.3 - Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation sur la fréquence des claudications en gestation.



[1]Analyse de la variance avec les effets système (Sy), sous-système (SSy) et l'interaction (SyxSSy).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.
DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.

sont moins souvent blessées sur l'oreille, sur l'avant, le flanc, l'arrière train et la vulve que les truies DAC (écarts respectifs de –75,7%, -54,6%, -52,3%, -66,6% et -94,4%). En conséquence, le mode de logement et d'alimentation conditionne le pourcentage d'animaux présentant une lésion sur au moins une partie du corps (oreille, avant, flanc et arrière train, variable synthétique *Corps*), les blessures étant moins fréquentes chez les truies RC que chez les animaux DAC (39,3% contre 78,2% des relevés). L'effet du mode de logement et d'alimentation sur la proportion de truies présentant une blessure sur au moins une partie du corps est moins marqué sur caillebotis (écart de fréquence de 33,7%) que sur litière (écart de 64,7%).

Même si la gravité des blessures est modérée pour l'ensemble des zones observées, la note synthétique des lésions *Corps* des truies LI apparaît inférieure à celle des animaux CI de 16,6% (P<0,10, tableau 5.9). Concernant les lésions observées sur la vulve, leur intensité est plus marquée sur litière (note de 1,54/3) que sur caillebotis (note de 1,13/3, P<0,10). Le mode de logement et d'alimentation affecte la note de lésion de l'oreille et synthétique *Corps*, les truies RC ayant des notes inférieures à celles des animaux DAC (oreille : note 1,13/3 contre 1,31/3 ; *Corps* : note 1,79/12 contre 2,47/12). Il existe pour ces deux variables un effet d'interaction entre le système d'élevage (Sy), le mode de logement et d'alimentation (SSy). Sur litière, la note de lésion à l'oreille des truies RC est inférieure à celle des truies DAC de 36,3%, tandis qu'elle est supérieure sur caillebotis de 16,0%. Pour note synthétique *Corps*, les écarts de note entre les deux modes de logement et d'alimentation sont plus marqués sur litière (40,7%) que sur caillebotis (15,1%). Enfin, l'interaction entre le système d'élevage (Sy), le mode de logement et d'alimentation (SSy) sur les notes de lésions des vulves des truies est significative. Sur litière, les truies DAC ont une note de lésion inférieure aux animaux RC (2,0/3 contre 1,1/3) tandis que l'inverse est observé sur caillebotis (1,2/3 contre 1,0/3).

Le stade de gestation marque le pourcentage d'animaux présentant une lésion sur au moins une partie du corps (Annexe, figure 1.1a). La fréquence des truies présentant au moins une blessure est plus élevée au cours de la troisième semaine de gestation (70,1% des relevés) qu'au cours des neuvième et quinzième semaines de gestation (en moyenne 50,1% des relevés). Ce constat est particulièrement vrai chez les truies LI comparativement aux animaux CI élevés dans les cases équipées de réfectoires. En revanche, les truies DAC sur caillebotis sont plus souvent blessées au début (78,3% des relevés) et à la fin de la gestation (88,2% des relevés) qu'en milieu de gestation (58,8% des relevés).

La gravité des lésions diffère suivant le stade de gestation (Annexe, figure 1.2a). Les notes de lésion de l'arrière train et de l'oreille sont plus importantes en début de gestation (arrière train : 1,21/3,0 et oreille : 1,29/3,0) qu'en milieu et en fin de gestation (arrière train : 1,15/3,0 et oreille : 1,01/3,0). La note synthétique *Corps* est supérieure en début (2,8/12) qu'en milieu et fin de gestation (1,6/12 en moyenne).

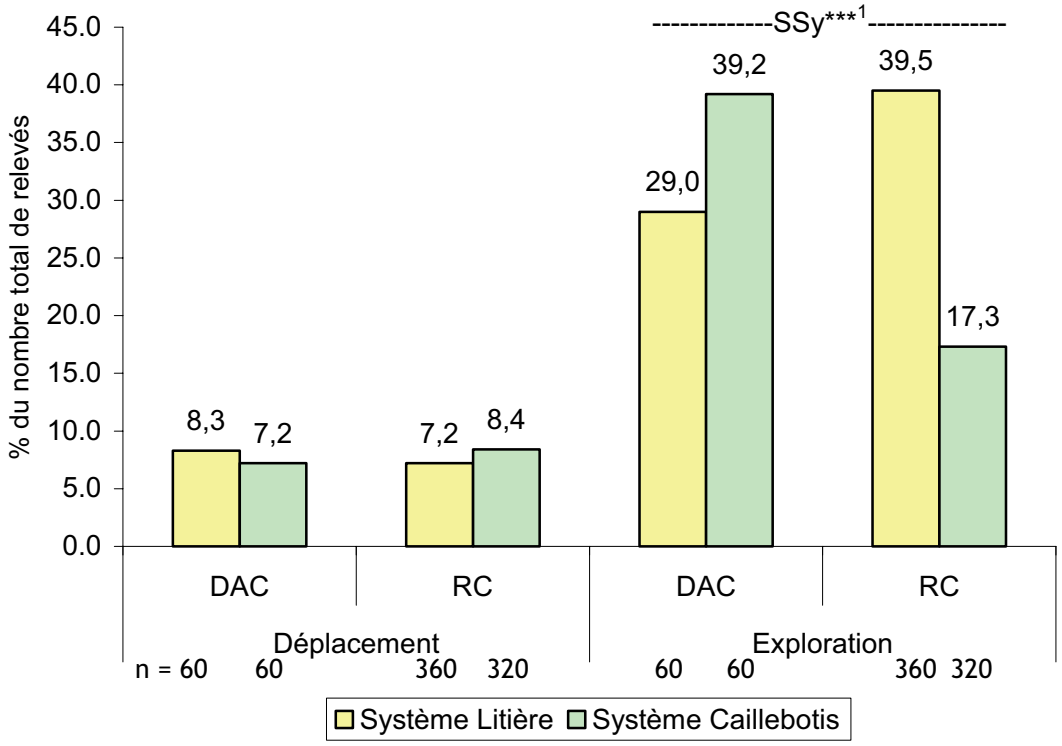
Le système d'élevage et le mode de logement et d'alimentation ont un impact sur la fréquence des troubles locomoteurs (Figure 5.3). Sur caillebotis, les truies DAC claudiquent plus souvent que les animaux des trois autres modalités d'élevage

Tableau 5.10 - Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur les postures.

	Système *Litière*		Système *Caillebotis*		Effets stat.[1]
Mode de logement et d'alimentation en gestation[2]	DAC	RC	DAC	RC	
Nombre de relevés	9	54	9	48	
Postures, %[3]					
Debout	65,3	81,3	69,2	62,6	SSy**
Assis	3,0	4,6	0,0	2,1	SSy**
Couché	32,8	14,1	30,8	34,5	SSy**
dont couchées dans le réfectoire	-	45,3	-	75,3	Sy**
dont couchées dans la courette	-	54,7	-	24,7	Sy***
Position de couchage, %[3]					
Ventrale	56,3	15,9	40,0	41,3	SSy***
Latérale	43,7	84,1	60,0	58,7	Sys***

[1]Test de x2, effets du système (Sy) et du sous-système (SSy).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
[2]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
[3]% du nombre total d'observations.

Figure 5.4 - Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation sur l'agitation des truies en gestation.



[1]Test du x2, effet du système (Sy) et du sous-système (SSy).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.

(89,3% contre en moyenne 2,4% des relevés). Les écarts entre les truies DAC élevées sur caillebotis et celles des trois autres modalités sont marqués. Elles expliquent la signification statistique des effets constatés.

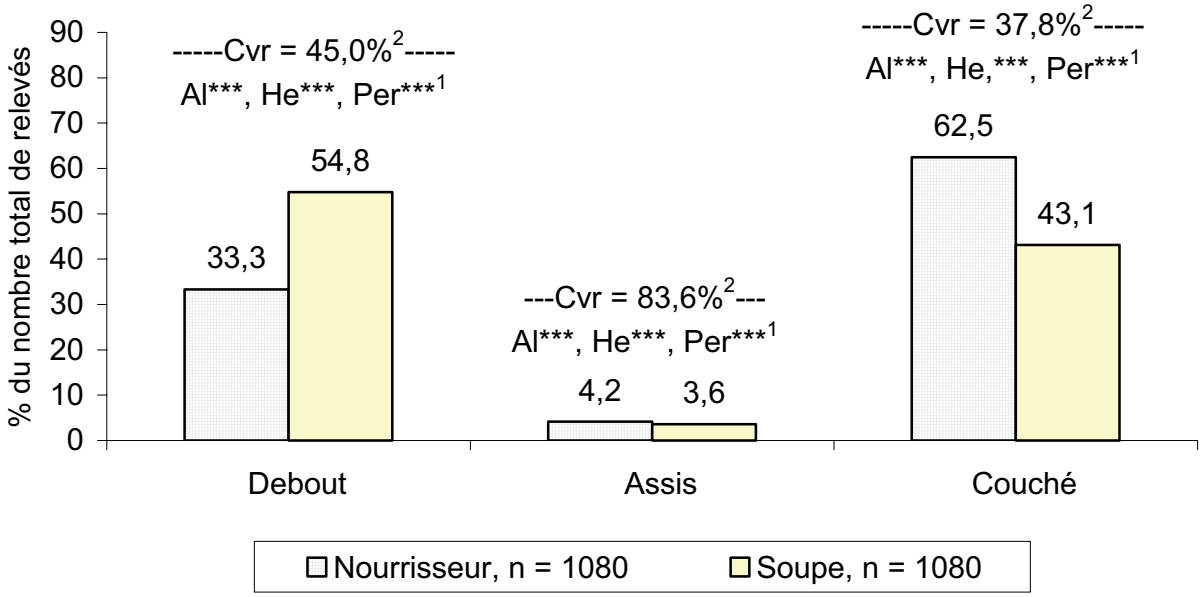
Postures et activités

Le système d'élevage n'a pas d'effet sur la posture des truies (Tableau 5.10). En revanche, l'analyse des enregistrements montre que les truies RC sont généralement moins en position couchées que les animaux DAC (24,3% contre 31,8% des truies au moment des observations), l'inverse est observé pour la position debout et assise (Debout : 72,0% contre 67,3% des truies ; assise : 3,4% contre 1,5% des observations). Les écarts entre les deux modes de logement et d'alimentation s'expliquent principalement par la posture des truies RC sur litière, la position couchée étant moins fréquente comparativement aux trois autres modalités d'élevage (14,1% contre en moyenne 33,0% des observations).

L'utilisation du réfectoire comme lieu de couchage est observée moins fréquemment lorsque les animaux sont logés sur litière comparativement au caillebotis (45,3% contre 75,3% des observations, tableau 5.10). Le mode de logement et d'alimentation a un impact sur la position de couchage. La position latérale est moins commune chez les truies DAC comparativement aux truies RC (51,9% contre 71,4 % des observations). Cette position est privilégiée chez les truies RC conduites sur litière (84,1% contre 54,1% des observations).

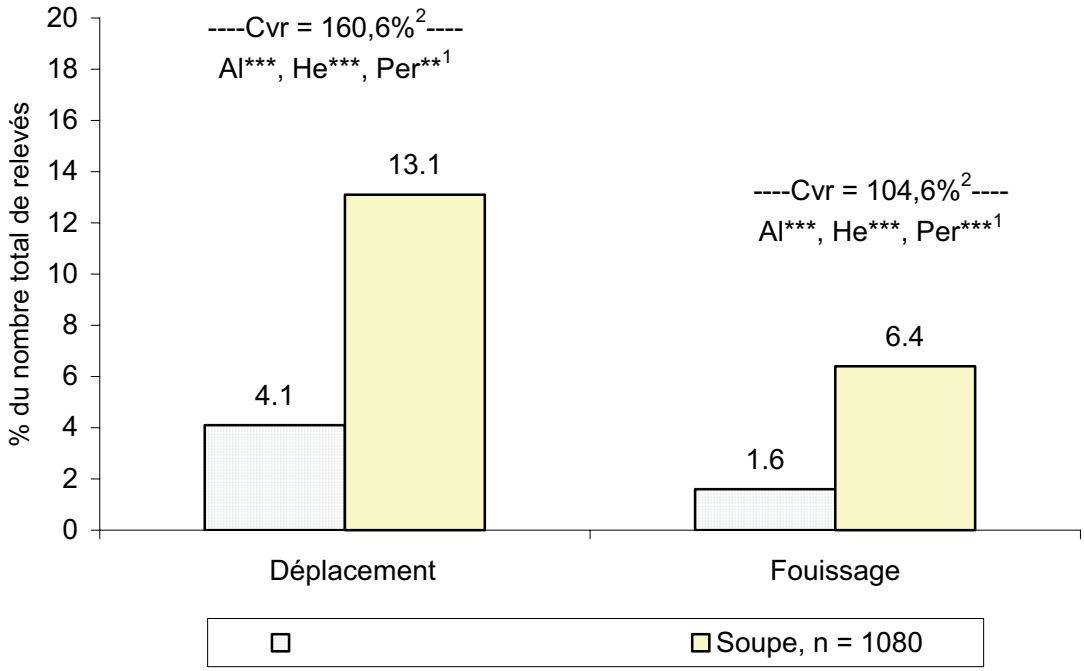
Même si les animaux sont relativement statiques dans la mesure où seuls 7,8% d'entre eux sont observés en déplacement lors des relevés, l'activité d'exploration est influencée par le mode de logement et d'alimentation (Figure 5.4). Les truies RC présentent une activité d'investigations inférieure à celle des animaux DAC (28,4% contre 34,1% des relevés) avec un effet d'interaction entre le système d'élevage (Sy), le mode de logement et d'alimentation (SSy). Le comportement d'exploration des truies RC sur litière est plus marqué que celui des animaux DAC (39,5% contre 29,0% des relevés), une relation inverse étant observée sur caillebotis (17,3% contre 39,2% des relevés). Sur litière, l'intensité de cette activité pourrait contribuer à expliquer les différences de fréquence d'apport de paille et de curage du fumier entre les deux modes de logement et d'alimentation qui seront rapportées ultérieurement (Section 5.6.2).

Figure 5.5 - Incidence du mode d'alimentation sur la posture des porcs charcutiers.



[1]Analyse de la variance avec les effets du mode d'alimentation (Al), du moment de la journée (He) et de l'âge des animaux (Per).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.

Figure 5.6 - Incidence du mode d'alimentation sur l'agitation des porcs charcutiers.



[1]Analyse de la variance avec les effets du mode d'alimentation (Al), du moment de la journée (He) et de l'âge des animaux (Per).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.

5.4.2 Comportement des porcs charcutiers élevés sur litière de paille

Le mode d'alimentation en engraissement affecte la posture des porcs charcutiers. Les animaux SP sont moins souvent en position couchée que les porcs NO (43,1% contre 62,5% des relevés, figure 5.5). Lorsqu'ils sont debout, ils sont plus souvent en mouvement (SP : 13,1% et NO : 4,1% des relevés) et présentent une activité d'exploration beaucoup plus marquée (6,1% contre 1,6% des relevés, figure 5.6). A l'image du troupeau de truies, ces différences d'activités pourraient contribuer à expliquer les écarts de fréquence d'apport de litière et de curage du fumier entre les deux modes d'alimentation qui seront présentés à la section 5.6.2.

Les différences de comportements entre les deux modalités (NO et SP) se vérifient quelle que soit l'heure (9h30, 11h30 et 15h30) et la période d'observation (début, milieu et fin d'engraissement), avec des amplitudes plus ou moins marquées mais sans profil spécifique des interactions testées. Ainsi, les porcs NO sont moins fréquemment en position couchée le matin (53,3% des relevés, annexe figure 1.3a) que le midi et l'après midi (en moyenne 67,1% des relevés). En revanche, lorsqu'ils reçoivent des repas de soupe, les animaux sont moins souvent en position couchée le midi (35,5% des relevés) que le matin et l'après midi (en moyenne 47,0% des relevés). Le comportement exploratoire des porcs NO est plus marqué le matin (2,6% des relevés) que le midi et l'après midi (en moyenne 1,2% des relevés) tandis qu'il est plus important le matin (10,0 % des relevés) et dans une moindre mesure l'après midi (7,0% des relevés) chez les animaux SP. La proportion d'animaux NO en déplacement est relativement constante au cours de la journée (4,1% des relevés), tandis que cette activité est moins évidente le matin chez les porcs SP (6,3% des relevés) que le midi et l'après midi (en moyenne 16,0% des relevés).

La proportion de porcs en position couchée augmente avec l'âge (Annexe, figure 1.4a). Entre le début (S1) et la fin de l'engraissement (S3), indépendamment du mode d'alimentation, le pourcentage d'animaux en position couchée s'accroît de 38,0% en moyenne. Lorsque les porcs sont alimentés au nourrisseur, les animaux se déplacent moins souvent en milieu (S2) et en fin d'engraissement (S3) (en moyenne 2,9% des relevés) qu'au début (S1) (6,5% des relevés). En revanche, le pourcentage d'animaux SP en déplacement est plus élevé en milieu d'engraissement (15,9% des relevés) qu'en début et en fin d'engraissement (en moyenne 11,3% des relevés). Enfin, l'activité d'exploration des animaux SP et NO est légèrement plus intense en milieu d'engraissement (5,1% des relevés) comparativement aux deux autres périodes d'observations (en moyenne 3,5% des relevés).

5.5 L'incidence des modalités d'élevage sur la santé des animaux

Les interventions vétérinaires relatives aux 16 cohortes de truies et aux 7 bandes de porcs en croissance sont analysées. Les causes de saisies à l'abattoir sont exploitées. L'urine des truies, prélevée lors des mictions avant la mise bas, est soumise à l'épreuve des bandelettes réactives. Des investigations sur des tissus de cadavre et des sérums de truies sont réalisées en laboratoire.

Au cours du second semestre de l'année 2008, 24 porcs de 9 semaines d'âge (22,0 kg de poids vif en moyenne) du dispositif expérimental sont mis en contact avec des animaux Exempts d'Organismes Pathogènes Spécifiques (EOPS) de 5 semaines d'âge (porc Contact). L'essai est réalisé dans 5 animaleries protégées de l'ANSES

Tableau 5.11 - Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur le déroulement de la gestation, de la mise bas et de la lactation.

	Système *Litière*		Système *Caillebotis*		Effets stat.[1]
Mode de logement et d'alimentation en gestation[3]	DAC	RC	DAC	RC	
Nombre de relevés gestation	131	291	128	276	
Nombre de relevés maternité	89	188	88	180	
Mortalité, %					
Truies en gestation[4]	2,0	1,7	0,0	1,1	
Perte de porcelets/vivants après adoption[5]	7,3	10,8	15,3	12,0	-
Porcelets écrasés en lactation[6]	2,3	3,8	5,2	5,6	Sy**
Observations cliniques, %					
Troupeau de truies[7]					
Troubles locomoteurs en gestation	0,1	0,2	10,2	1,2	Sy**, SSy***
Truies positives pour les nitrites	5,1	4,5	16,0	4,6	Sy*, SSy*
Truies agitées à la mise bas	3,3	9,6	11,4	6,7	
Truies en hyperthermie en lactation	22,5	29,8	32,9	25,0	
Truies avec des tétines lésées au sevrage	24,7	28,8	15,9	8,3	Sy***
Diarrhées sur les portées de porcelets[8]					
< 5 j d'âge	3,4	3,7	2,3	2,2	
> 5 j d'âge	16,8	17,5	9,1	5,0	Sy**

[1]Test de x2, effets du système (Sy) et du sous-système (SSy).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
[3]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
[4]% du nombre total de truies inséminées par bande.
[5]% des porcelets sevrés et vivants par portée après adoption.
[6]% des porcelets écrasés et vivants par portée après adoption.
[7]% du nombre total de truies mettant bas.
[8]% du nombre total de portées.

(Ploufragan) et a permis d'apprécier la dérive sanitaire du dispositif. Il est conduit sur des porcs provenant d'une bande de truies ayant enregistré en gestation un épisode d'apathie et de dépression. Pour chaque système d'élevage, les porcs des truies multipares *M* (6 porcs par système) et ceux de paucipares *P* (1ère et 2ème portée, 6 porcs par système) sont élevés séparément dans 4 animaleries. Les animaleries F1 et F2 accueillent des animaux du système *Caillebotis* et EOPS, F3 et F4 des porcs du système *Litière* et EOPS. Une cinquième animalerie (A1) héberge uniquement des animaux EOPS faisant office de lot Témoin. Pendant les 14 premiers jours de l'épreuve (j 0 à j 14), les porcs de *l'expérimentation système* et EOPS des animaleries F1, F2, F3 et F4 sont en contact indirect. Les deux groupes de sujets sont élevés dans des loges indépendantes. Puis, une mixité des deux origines est opérée (j 14 à j abattage). Quinze jours après le début de cette épreuve, deux porcs Testés et EOPS sont autopsiés. Les animaux font l'objet d'observations cliniques quotidiennes et d'examens nécropsiques détaillés. Des prélèvements sanguins et des pesées sont réalisés chaque semaine jusqu'à l'abattage.

Les dépenses de santé relatives aux animaux des deux systèmes d'élevage sont établies à partir d'enregistrements effectués entre le 1er juillet 2006 et le 31 décembre 2007. Exprimées en euros pour 100 kg de carcasse, elles sont ventilées par catégorie de produits selon une nomenclature proposée par les Chambres d'agriculture de Bretagne [2010].

5.5.1 Observations cliniques et interventions médicales

Truies et porcelets

Le taux de mortalité des truies en gestation n'est pas affecté par le système d'élevage ni par le mode de logement et d'alimentation (1,2% en moyenne, tableau 5.11). Les pertes de truies sont observées en deux épisodes successifs au cours des trois premiers mois de l'année 2008 : le premier sur le troupeau de truies du système *Litière* (du 19 janvier au 17 février 2008) et le second sur celui du système *Caillebotis* (du 14 mars au 1er avril 2008). A l'issue de ces deux périodes, le taux de pertes de truies sur caillebotis et sur litière est respectivement de 4,2% et de 6,3%. Durant ces deux périodes, les truies expriment des symptômes d'apathie et de dépression, sans hyperthermie. Les restes d'aliment dans les auges et/ou les refus de s'alimenter sont coutumiers. La diminution de l'appétit concerne aussi les porcs charcutiers (-20%). L'autopsie des cadavres révèle chez certains sujets des signes de cardiopathie mûriforme (*Mulberry Heart disease,* annexe figure 1.5a). Les taux d'avortement et de retour en chaleur après insémination augmentent comparativement aux données moyennes (avortement : +38,3% et retour : +69,0%), le nombre de momifiés par portée est de 1,37 porcelets. Les investigations de laboratoires réalisées d'une part sur les tissus des cadavres des truies et des porcelets momifiés et d'autre part sur les sérums des truies ne permettent pas d'établir de relations étiologiques.

Le système d'élevage, le mode de logement et d'alimentation ont un impact sur la fréquence des injections d'anti-inflammatoire et d'antibiotique administrées aux truies pour des troubles locomoteurs. Ils affectent le pourcentage de truies présentant des nitrites dans leur urine (Tableau 5.11). Les traitements thérapeutiques pour des troubles locomoteurs sont moins fréquents sur litière (un traitement est administré à 0,2% des truies mettant bas) que sur caillebotis (5,7%

des truies). Ils sont particulièrement fréquents chez les truies DAC élevées sur caillebotis (10,2% contre en moyenne 0,5% des truies mettant bas). Ce constat est à rapprocher des pourcentages de claudication rapportés à la section 5.4.1. L'épreuve des bandelettes urinaires révèle une présence moindre de nitrites dans les urines des truies LI que dans celles des truies CI (4,8% contre 10,3% des truies mettant bas). Le résultat des tests montre que les truies RC présentent moins souvent de nitrites dans leur urine (4,6% des truies) que les truies DAC (10,6%), avec un impact notable des truies DAC élevées sur caillebotis sur les effets rapportés (16,0% contre en moyenne 4,7% des truies mettant bas).

Il existe un effet du système d'élevage sur le pourcentage des truies présentant des lésions sur leurs tétines au moment du sevrage (Tableau 5.11), les tétines des truies CI étant moins souvent lésées que celles des animaux LI (12,1% contre 26,8% des truies mettent bas). La nature du sol en maternité, en fonte sur la partie avant et en caillebotis métallique sur la partie arrière de la truie, ne permet pas d'expliquer à elle seule cet écart. L'installation dans les stalles de plaques pleines en remplacement du caillebotis ne permet pas de diminuer la fréquence des blessures. Dans un premier temps, afin de protéger les truies de leurs porcelets et de ne pas altérer leurs performances de lactation ultérieures, les plus sévèrement affectées sont séparées de leurs portées avant la date prévue de sevrage. Pour les réincorporer dans leur bande d'origine, un traitement hormonal composé d'altrénogest est administré aux truies. Dans un second temps, entre le 31 août 2007 et le 10 mars 2008, la durée de lactation est diminuée d'une semaine. La modification de la *règle de décisions* relative à l'âge des porcelets au sevrage explique la durée moyenne de lactation de 25,4 jours rapportée précédemment (Section 5.2.4).

Il existe une interaction entre le système d'élevage (Sy), le mode de logement et d'alimentation (SSy) sur la fréquence des animaux agités à la mise bas, en hyperthermie en lactation et présentant des tétines lésées au sevrage (Tableau 5.11). Sur caillebotis, les truies RC sont moins nerveuses au moment de la mise bas que les truies DAC (pendant la parturition, un tranquillisant est administré à 6,7% des truies RC mettant bas contre 11,4% des truies DAC). L'inverse est observé pour les truies élevées sur litière pendant la gestation (9,5% des truies RC contre 3,4% des animaux DAC). Lorsqu'elles sont élevées sur caillebotis pendant la gestation, les truies RC sont moins souvent en hyperthermie au cours de leur lactation que les animaux DAC (un anti-inflammatoire et un antibiotique sont administrés à 25,0% des truies RC mettant bas contre 32,9% des truies DAC). En revanche, les fréquences sont inversées entre les truies DAC et RC lorsqu'elles sont conduites sur litière en gestation (22,5% et 29,8%). D'une manière générale, et quel que soit le mode d'élevage, la fréquence des interventions pour des hyperthermies est particulièrement marquée (27,6% des truies mettant bas). Enfin, sur caillebotis, les tétines des truies RC sont moins souvent lésées que celles des truies DAC (8,3% contre 15,9% des truies mettant bas) alors qu'une tendance inverse est observée sur litière (28,8% contre 24,7%).

Le système d'élevage a un impact sur les pertes de porcelets par écrasement en cours de lactation et des portées atteintes de diarrhées au-delà de 5 jours d'âge (Tableau 5.11). Ces pertes de porcelets sont plus fréquentes chez les truies CI comparativement aux animaux LI (3,1% contre 5,4% des porcelets). Sur litière, elles

Tableau 5.12 - Incidence du mode de logement et d'alimentation des porcs en croissance sur le pourcentage de mortalité, des animaux placés en observation à l'abattoir et des observations cliniques.

	Alimentation Engraissement[2]		Système *Litière*		Système *Caillebotis*		Effets stat.[1]
	NO	SP	PA[3]	SC[3]	OP[3]	LG[3]	
Nombre de relevés post-sevrage	2287		544	549	597	597	
Nombre de relevés engraissement	1268	985	534	544	588	587	
Mortalité, %							
Post-sevrage	-------0,64------		0,55	1,31	0,37	0,32	
Engraissement	1,52	1,50	1,89	0,90	1,60	1,64	
dont entérotoxémie[4]	22,7	12,5	5,4	14,3	28,6	25,0	Sy***, Al^t
Observations à l'abattoir, %							
Animaux placés en observation	0,84	0,90	0,93	0,40	1,13	1,01	-
dont troubles locomoteurs[5]	69,0	50,0	86,0	32,5	44,2	49,5	-
Observations cliniques, %							
Troubles locomoteurs post-sevrage	-------0,27------		0,17	0,30	0,32	0,28	-
Troubles locomoteurs engraissement	0,06	0,19	0,00	0,05	0,32	0,08	-

[1]Test de x2, effets du système (Sy) et du sous-système (Ssy).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
[2]NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.
[3]PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.
[4]% des causes de mortalité.
[5]% des animaux placés en observation à l'abattoir.

sont légèrement inférieures chez les truies DAC par rapport aux truies RC (2,3% contre 3,8% des porcelets). En revanche, le pourcentage des portées atteintes de diarrhée au-delà de 5 jours d'âge est inférieur lorsque les truies sont élevées sur caillebotis pendant la gestation comparativement à celles conduites sur litière (6,3% contre 17,4% des portées). Pour le système *Caillebotis*, le pourcentage de portées affectées par de la diarrhée apparaît légèrement moins important chez les truies RC *versus* le animaux DAC (5,0% contre 9,1% des portées). Le système d'élevage et le mode de logement et d'alimentation n'affectent pas la proportion de portées atteintes de diarrhée avant 5 jours d'âge, seules 2,9% des portées en moyenne sont atteintes de diarrhée.

Un effet de l'équipe en charge du suivi des animaux et des équipements est observé sur les variables relatives aux évènements répertoriés à la mise bas et en cours de lactation. Cependant, le sens des interactions entre le système d'élevage (Sy), le mode de logement et d'alimentation (SSy) est vérifié quel que soit les opérateurs. Enfin, un contrôle effectué sur le troupeau de truies au printemps 2008 montre qu'elles sont indemnes de gale.

Porcs en croissance

Le taux de mortalité des porcs en croissance n'est pas affecté ni par le système d'élevage, ni par le mode de logement et d'alimentation même si le pourcentage de mortalité en post-sevrage des porcs SC apparaît légèrement supérieur à celui des trois autres modalités d'élevage (1,31% contre 0,41%, tableau 5.12). Au final, il est d'un niveau modéré, 0,6% en post-sevrage et de 1,5% en engraissement.

Le système d'élevage a un effet sur les pertes par entérotoxémie en engraissement, plus fréquentes sur caillebotis que sur litière (9,9% contre 26,8% des causes de mortalité, tableau 5.12).

Des porcelets de 8 kg et de 25 kg de poids vif en surplus par rapport à l'autorisation administrative sont élevés à l'extérieur du dispositif chez des éleveurs spécialisés dans l'engraissement. Conduits en contact direct ou indirect avec des animaux issus d'autres élevages, le taux de mortalité de ces porcs est compris entre 25,0% et 30,0%. Les causes de mortalité sont multiples (troubles respiratoires, digestifs, locomoteurs, dépérissements, etc.), les troubles survenant dans les premiers jours qui suivent leur arrivée dans leur nouvel environnement. Leur adaptation étant délicate, ils sont abattus à 8,0 kg ou 25,0 kg de poids vif à partir du printemps 2007.

Le mode d'alimentation en engraissement affecte le taux de mortalité (Tableau 5.12). La proportion de mortalité par entérotoxémie est doublée lorsque les porcs sont alimentés au nourrisseur comparativement à ceux recevant des repas de soupe ($P<0,10$).

L'analyse des interventions thérapeutiques ne montre pas d'effet du système d'élevage ni du mode de logement et d'alimentation sur la fréquence des traitements thérapeutiques pour des troubles locomoteurs, même si les interventions sont moins communes sur litière (0,02% des animaux) que sur caillebotis (0,20%, tableau 5.12)

Tableau 5.13 - Incidence du système d'élevage et du rang de portées sur les performances de croissance des porcs des systèmes Litière, Caillebotis et EOPS.

	Témoin	Système *Litière*		Système *Caillebotis*		CVr[2]	Effet stat.[1]
Rang de parité des truies	-	M[3]	P[3]	M[3]	P[3]		
Animaleries	A1	F3	F4	F1	F2		
Nombre de relevés phase contact indirect							
Porcs EOPS	6	12	12	12	12		
Porcs *essai système*	6	12	12	12	12		
Nombre de relevés phase contact direct							
Porcs EOPS	4	8	8	8	8		
Porcs *essai système*	4	8	8	8	8		
Poids des animaux, kg							
Poids initial j 0							
Porcs EOPS	11,2	12,2	12,2	12,3	12,5	14,4	
Porcs *essai système*	-	20,7	21,1	23,0	23,1	8,6	Sy*
Poids j abattage							
Porcs EOPS : j 97	104,7	98,9	88,0	103,5	93,5	6,4	Sy**
Porcs *essai système* : j 78	-	108,0	110,6	111,6	103,9	5,3	SyxRg[t]
GMQ, g							
Phase de contact indirect : j 0 – j 14							
Porcs EOPS	769	341	404	322	366	19,5	Rg[t]
Porcs *essai système*	-	937	994	862	606	18,0	Sy**, SyxRg*
Phase de contact direct : j 14 – j 30							
Porcs EOPS	812	594	508	623	636	17,0	Sy*
Porcs *essai système*	-	1060	1105	1062	1172	6,6	
Ensemble de la période j 0 – j abattage							
Porcs EOPS	963	888	774	930	838	6,4	Sy**, Rg[t]
Porcs *essai système*	-	1121	1156	1134	1040	10,4	
Age à 100 kg, j							
Porcs EOPS	129	139	145	130	135	12,2	Sy**
Porcs *essai système*	-	131	130	129	136	11,6	

[1]Analyses de la variance avec les effets du système (Sy), du rang de portée (Rg) et de leurs interactions (hors Témoin).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.
[3]M : multipare ; P : paucipare.

Les données relatives aux saisies à l'abattoir sont peu nombreuses et n'ont pas fait l'objet d'analyses statistiques (Tableau 5.12). Aucune carcasse n'a fait l'objet d'une saisie totale au cours de cette expérimentation. Le pourcentage d'animaux placés en observation à l'abattoir est largement inférieur à celui rapporté par Uniporc Ouest [2010] (0,9% contre 4,4% des carcasses). Aucune relation n'est établie entre la fréquence des animaux placés en observation pour des troubles locomoteurs et celles des interventions thérapeutiques pendant l'expérience. En effet, 0,8% des porcs élevés sur paille sont placés en observation pour des troubles relatifs à des abcès ou des arthrites, alors qu'aucun d'entre eux n'a reçu de soins vétérinaire pour des problèmes locomoteurs en post-sevrage et en engraissement.

5.5.2 Évaluation expérimentale du statut sanitaire des animaux des deux systèmes

Observations cliniques quotidiennes

A l'exception d'un prolapsus rectal, aucun symptôme n'est observé sur les animaux du lot Témoin EOPS élevés à l'écart des animaux expérimentaux. Mis à part des épisodes d'hyperthermies modérées (température comprise entre 40,0°C et 40,6°C), les porcs du système *Caillebotis,* du système *Litière* et les EOPS en contact avec les porcs du système *Caillebotis* (porcs Contact) n'expriment aucun symptôme clinique spécifique sur l'ensemble de la période de l'essai. Inversement pour les sujets EOPS en contact avec des animaux du système *Litière* :

- Au cours de la phase de contact indirect avec des porcs issus de multipares (animalerie F3), un EOPS présente de l'hyperthermie (température supérieur à 40°C) à compter du 8ème jour après le début de l'essai. Cette phase de température s'est prolongée jusqu'à l'euthanasie, 15 jours plus tard. Des diarrhées sont également observées pendant deux jours consécutifs sur ce même individu. Des signes d'anémie et d'amaigrissement sont diagnostiqués lors de son autopsie.
- Durant la 9ème semaine d'observation, un EOPS en contact direct avec des animaux issus de paucipares du système *Litière* (animalerie F4) présente de l'hyperthermie modérée pendant trois jours consécutifs. Sa croissance est affectée (485 g contre 920 g en moyenne pour les autres animaux du groupe). Malgré la rémission de l'hyperthermie, le sujet a été euthanasié 16 jours après le début de l'épisode.
- Enfin, un EOPS de l'animalerie F4 présente de l'hyperthermie pendant trois jours consécutifs au cours de la 10ème semaine d'observation et un autre de l'apathie durant la 11ème semaine d'observation.

Performances zootechniques

Au terme des 14 premiers jours de l'essai (j 0 – j 14) et des 14 jours suivants (j 14 – j 28) le GMQ des EOPS Témoin (animalerie A1) est supérieur à celui des EOPS des animaleries F1, F2, F3, F4 (respectivement +53,4% et +27,3%, tableau 5.13). Sur l'ensemble de la période d'observation, la croissance journalière des EOPS Témoin s'élève à 963 g contre 858 g en moyenne pour les animaux EOPS des animaleries

F1, F2, F3, F4. L'âge à 100 kg des porcs EOPS Témoin est inférieur de 6,0% à celui des autres porcs EOPS.

Le poids initial des animaux de l'*expérimentation système*, en contact avec les EOPS, diffère selon le système d'élevage, conformément aux résultats rapportés à la section 5.3.3 (Tableau 5.13). Les animaux du système *Litière* sont plus légers que ceux du système *Caillebotis* (20,9 kg contre 23,1 kg). Pendant les 14 premiers jours de l'essai (phase de contact indirect), le système d'élevage a un impact sur le GMQ. La croissance des animaux CI est inférieure de 24,0% à celle des porcs LI. Cependant, sur l'ensemble de la période d'observation, le GMQ n'est pas affecté pas le système d'élevage. Les performances de croissance sont d'un excellent niveau (1112 g par jour en moyenne *vs* 790 g pour la moyenne des élevages bretons rapportée par l'IFIP et les Chambres d'agriculture de Bretagne en 2010). Malgré le handicap de poids observé au début de l'essai, les porcs LI présentent des performances de croissance supérieures de 4,6% à celles des animaux CI. Les porcs des deux systèmes d'élevage présentent des âges moyens à 100 kg relativement proches (131,5 jours en moyenne). Ces résultats sont conformes à ceux rapportés lorsque les animaux sont alimentés à volonté au nourrisseur en engraissement dans des conditions proches de cet essai (Section 5.3.3).

Au cours de la phase de contact indirect, le système d'élevage n'affecte pas le GMQ des EOPS alors que leur croissance est inférieure à celle des EOPS Témoin (-53,5% en moyenne) (Tableau 5.13). En revanche, après la phase de contact direct, la réponse des animaux EOPS diffère selon l'origine des animaux avec qui ils sont en relation. Les écarts de GMQ entre les EOPS Témoin et Contact sont moins marqués lorsque ces derniers sont en relation avec des porcs CI comparativement à ceux en contact avec des animaux LI (22,5% contre 32,1% pour le GMQ j 14 – j 28 ; 8,2% contre 13,7% pour le GMQ j 0 – j abattage). En conséquence, les écarts de poids à 97 jours et l'âge à 100 kg entre les EOPS Témoin et Contact sont plus favorables aux animaux CI (poids : 5,9% contre 10,7% ; age : 3,5 jours contre 13,0 jours).

Au cours de la phase de contact indirect et pour l'ensemble de la période de l'essai, le GMQ des EOPS diffère selon qu'ils soient placés en relation avec des porcs issus de multipares (M) ou paucipares (P) ($P<0,10$, tableau 5.13). Les performances de croissance des EOPS en contact indirect avec les animaux de truies multipares sont inférieures à celles des animaux EOPS en relation avec des porcs issus de truies paucipares (GMQ j 0 – j 14 de 332 g contre 385 g). En revanche, pour l'ensemble de la période d'observation, le niveau des performances de croissance selon le rang de portée est inversé (GMQ j 0 – j abattage de 909 g contre 806 g).

Concernant les animaux de l'*expérimentation système*, il existe une interaction entre le système d'élevage (Sy) et le rang de portée des truies (Rg) sur le GMQ calculé pour la phase de contact indirect et sur le poids des animaux à la fin de l'essai ($P<0,10$) (Tableau 5.13). Les porcs CI issus de truies paucipares ont un GMQ inférieur à celui des animaux de truies multipares (-29,7%) alors que l'inverse est observé pour les porcs LI *(*+5,7%). A la fin de l'essai, les porcs CI issus de truies paucipares ont un poids inférieur à celui des animaux de truies multipares (-6,9%), inversement chez les animaux LI (+2,4%).

Tableau 5.14 - Bilan des recherches des contaminants au terme de l'essai.

	Porcs EOPS Témoin[1]	Porcs EOPS[2]	Porcs *essai système*
Animalerie	A1	F1, F2, F3, F4	F1, F2, F3, F4
Mycoplasma hyopneumoniae	6/6 négatifs	15/15 négatifs	16/16 négatifs
Actinobacillus pleuropneumoniae	6/6 négatifs	15/15 négatifs	16/16 négatifs
Lawsonia intracellularis	6/6 négatifs	15/15 négatifs	16/16 négatifs
Salmonella typhimirium	6/6 négatifs	15/15 négatifs	16/16 négatifs
Listeria monocytogenes	6/6 négatifs	15/15 négatifs	16/16 négatifs
Campylobacter coli	6/6 négatifs	15/15 positifs	16/16 positifs
Parvovirus	6/6 négatifs	15/15 négatifs	16/16 négatifs
SDRP	6/6 négatifs	15/15 négatifs	16/16 négatifs
Circovirus type 2	6/6 négatifs	15/15 négatifs	16/16 négatifs

[1]Porcelets témoins EOPS (Exempt d'Organismes Pathogènes Spécifiques) non mis en contact avec des porcs expérimentaux.
[2]Porcelets EOPS mis en contact avec des porcs expérimentaux provenant du système *Litière* (F1, F2) et du système *Caillebotis* (F3, F4).

Tableau 5.15 - Incidence du système d'élevage sur les dépenses de santé et les frais divers selon la nomenclature proposée par les Chambres d'agriculture de Bretagne [2010].

	Système *Litière*	Système *Caillebotis*	Références 2008[1]
Dépenses totales de santé, €/100 kg de carcasse	3,18	2,99	5,69
Truies et porcelets			
Vaccins, classe 1	0,41	0,41	2,29
Anti-infectieux, anti-inflammatoires et divers, classe 2	0,98	0,86	1,93
dont anti-inflammatoires injectables	0,32	0,32	
dont antibiotiques injectables	0,29	0,26	
dont supplémentations antibiotiques truies	0,18	0,18	0,22
dont supplémentations antibiotiques porcelets	0,00	0,00	0,98
dont anticoccidiens	0,18	0,06	
Produits de conduite d'élevage, classe 3	1,77	1,62	0,96
dont hormones	1,27	1,13	0,44
dont anti-parasitaires interne et externe	0,14	0,14	
dont oligo-éléments injectables	0,17	0,19	
dont petit matériel médical	0,03	0,03	
Porcs charcutiers	0,02	0,10	0,51
Vaccins, classe 1	0,00	0,00	0,01
Anti-infectieux, anti-inflammatoires et divers, classe 2	0,02	0,10	0,47
dont anti-inflammatoires injectables	0,01	0,06	
dont antibiotiques injectables	0,01	0,04	
dont supplémentations antibiotiques	0,00	0,00	0,39
Produits de conduite d'élevage, classe 3	0,00	0,00	0,03
Frais divers d'élevage, €/100 kg de carcasse	1,72	1,89	
dont désinfectant	1,18	1,21	

[1]Chambres d'agriculture de Bretagne [2010].

Bilan des résultats des autopsies et des examens de laboratoire

Les deux EOPS en contact avec les animaux du système *Litière* manifestant de l'hyperthermie, de l'anémie et un amaigrissement (animalerie F3 et F4) présentent des lésions sur les reins et le tractus digestif. Les analyses de tissus ne permettent pas d'identifier de contaminants pathogènes connus et pouvant être à l'origine du problème rencontré. Les observations nécroscopiques sur les viscères des autres EOPS ainsi que celles réalisées sur les porcs de l'*expérimentation système* ne révèlent pas de lésion.

A l'exception de *Campylobacter coli*, les analyses sérologiques et microbiologiques effectuées à la fin de l'essai ne montrent aucune séroconversion pour l'ensemble des contaminants recherchés (Tableau 5.14) et cela malgré le portage par les truies du *Circovirus de type 2* à l'occasion du peuplement du dispositif expérimental en janvier 2006.

Cette expérimentation conduite à l'ANSES n'explique pas les mortalités enregistrées sur le troupeau de truies au début de l'année 2008.

5.5.3 Dépenses de santé

Les dépenses de santé des deux systèmes d'élevage sont proches (en moyenne 3,09 euros pour 100 kg de carcasse, tableau 5.15). Les truies et les porcelets du système *Caillebotis* utilisent moins de produits de santé de la classe 2 (anti-infectieux, anti-inflammatoires et divers) que les animaux du système *Litière* (-12,2%). Cette différence s'explique par l'administration plus fréquente d'anticoccidiens aux porcelets LI. Ces derniers sont plus fréquemment confrontés à des troubles digestifs au cours de la lactation (Paragraphe 6.5.1).

Les truies et les porcelets du système *Caillebotis* sont moins consommateurs de produits de la classe 3 (produits de conduite d'élevage) que ceux du système *Litière* (-8,5%, tableau 5.15). L'usage d'hormones, particulièrement celles pour la synchronisation des chaleurs des futurs reproducteurs, apparaît moins fréquent chez les truies CI comparativement aux animaux LI (-11,5%). Au cours de la période considérée, le nombre de cochettes incorporé dans les bandes est légèrement moins important sur caillebotis que sur litière (CI : 67 animaux contre LI : 80 cochettes) tandis que la proportion des truies CI sevrées prématurément en raison de lésions sur leurs tétines est moins élevée que celle des truies LI (CI : 12,1% contre LI : 26,8% des truies mettant bas). L'usage d'hormone pour la synchronisation des oestrus chez les truies LI est plus fréquent que pour les animaux CI.

Les porcs charcutiers LI consomment moins d'anti-infectieux et d'anti-inflammatoires que les animaux CI (respectivement 0,02 et 0,10 euro pour 100 kg de carcasse, tableau 5.15). Les interventions médicales pour des troubles locomoteurs, plus fréquentes chez les porcs élevés sur caillebotis (Paragraphe 6.5.1), notamment lorsqu'ils disposent d'une surface étroite (OP), permettent d'expliquer ce résultat.

Les dépenses de santé des deux systèmes d'élevage sont inférieures de 45,8% à celles constatées par les Chambres d'agriculture de Bretagne [2010] (Tableau

Tableau 5.16 - Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies sur les besoins en eau pour les opérations de lavage et de désinfection des salles.

	Quarantaine	Pré-troupeau		Gestation				Maternité
		Système *Litière*	Système *Caillebotis*	Système *Litière* - DAC[1]	Système *Litière* - RC[1]	Système *Caillebotis* - DAC[1]	Système *Caillebotis* - RC[1]	
Nombre de relevés	3	3	3	3	6	3	6	6
Besoins en eau, l/truie/bande[2]	241,0	73,7	107,8	130,2	325,9	100,4	316,0	404,0
dont trempage, %	-	26,5	18,6	32,0	12,8	41,5	13,2	24,7
dont lavage salle, %	93,1	70,8	76,1	64,9	83,4	43,7	81,1	51,0
dont lavage des pré fosses, %	-	-	3,4	-	2,5	10,6	4,4	20,2
dont désinfection, %	6,9	2,7	1,9	3,1	1,3	4,2	1,3	4,1

[1]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
[2]Suivant les opérateurs, 10 à 15 % de variation des quantités d'eau utilisées.

Tableau 6.17 - Incidence du mode de logement et d'alimentation des porcs en croissance sur les besoins en eau pour les opérations de lavage et de désinfection des salles.

	Salles de post-sevrage				Salles d'engraissement							
Système d'élevage et alimentation engraissement[1]	Système *Litière*		Système *Caillebotis*		Système *Litière* - NO		Système *Litière* - SP		Système *Caillebotis* - NO		Système *Caillebotis* - SP	
Sol post-sevrage/engraissement[2]	PA	SC	OP	LG	PA	SC	PA	SC	OP	LG	OP	LG
Nombre de relevés	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Besoin en eau, l/porc/bande[3]	42,1	42,1	38,0	54,2	60,3	54,0	56,1	50,9	52,4	68,4	50,0	65,2
dont trempage, %	29,0	29,0	19,8	20,9	19,7	22,2	21,2	23,4	21,7	16,6	22,7	17,4
dont lavage salle, %	67,0	67,0	46,2	45,0	78,4	75,6	76,7	74,4	56,3	66,5	54,2	64,8
dont lavage des pré fosses, %	-	-	32,1	32,0	-	-	-	-	19,5	15,0	20,5	15,8
dont désinfection, %	4,0	4,0	1,9	2,1	1,9	2,2	2,1	2,2	2,5	1,9	2,6	2,0

[1]NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.
[2]PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large ;.
[3]Suivant les opérateurs, 10 à 15 % de variation des quantités d'eau utilisées.

5.15). Aucune supplémentation en antibiotique n'est réalisée dans les aliments, dans l'eau de boisson des porcelets et des porcs charcutiers des deux systèmes d'élevage alors que les Chambres d'agriculture de Bretagne [2010] observent un coût moyen de supplémentation en antibiotique pour les animaux en croissance de 1,37 euros pour 100 kg de carcasse. Les coûts vaccinaux sont inférieurs (0,41 contre 2,30 euros pour 100 kg de carcasse). En revanche, les coûts liés à l'utilisation d'hormones sont supérieurs de 63,3% à la référence rapportée par les Chambres d'agriculture de Bretagne [2010]. La conduite en trois bandes de truies rend obligatoire leur usage pour synchroniser les chaleurs des futurs reproducteurs. Les écoulements purulents en sortie du tractus urogénital, très fréquents sur l'ensemble des truies dans les jours qui suivent la mise-bas, conduisent à systématiser les traitements hormonaux après la mise bas (injection de sérotonine et Maléate d'ergométrine, de dinoprost trométhamine PGF2α).

Hors supplémentation pour les porcelets, les dépenses d'anti-inflammatoires, d'anti-infectueux, et divers (produits de classe 2) destinées aux truies et aux porcelets de cette expérimentation sont proches des références (0,90 euro contre 0,95 euro pour 100 kg de carcasse, tableau 5.15) et concernent essentiellement les truies en lactation. Les hyperthermies durant la lactation conduisent à un usage fréquent d'anti-inflammatoires et d'anti-infectueux (Paragraphe 6.5.1).

Enfin, les *règles de décisions* concernant les mesures d'hygiène génèrent des coûts conséquents en produits permettant la désinfection des locaux (1,20 euros pour 100 kg de carcasse en moyenne, tableau 5.15).

5.6 L'incidence des modalités d'élevage sur l'utilisation de l'eau, de la litière et la production d'effluents

5.6.1 Utilisation de l'eau pour les opérations de lavage

Les quantités d'eau pour les opérations de lavage des salles de quarantaine, de pré-troupeau (une modalité par système), de gestation (DAC et RC par système), de maternité, de post-sevrage (OP, LG, PA et SC) et d'engraissement (OP, LG, PA et SC associées à deux modes d'alimentation NO et SP) sont quantifiées par des compteurs installés en tête des pompes de lavage à haute pression (trois à 6 observations par salle et par système d'élevage). Les besoins en eau des systèmes d'élevage complets sont estimés à partir de ces volumes et des niveaux d'abreuvement rapportés précédemment.

Lavage des salles

Les besoins en eau pour les opérations de lavage des salles d'engraissement, de post-sevrage et de pré-troupeau sont supérieurs sur caillebotis que sur litière (respectivement +6,2%, +8,7% et +31,6%, tableau 5.16 et 5.17). Inversement, le lavage des salles de gestation du système *Litière* nécessite plus d'eau que celles du système *Caillebotis* (+8,7%).

Les salles sur caillebotis sont toutes équipées de pré-fosses ou de collecteurs de lisier lavés à l'occasion de chaque vide sanitaire. Leur nettoyage nécessite des quantités d'eau conséquentes. Elles représentent 7,5% des quantités totales d'eau utilisées pour le nettoyage des salles de gestation, 17,7% pour les salles

Tableau 5.18 - Estimation des besoins en eau d'un élevage naisseur et engraisseur suivant différentes modalités de logement et d'alimentation des animaux[1].

Système d'élevage	Système *Litière*								Système *Caillebotis*							
Logement/alimentation gestation[2]	DAC				RC				DAC				RC			
Sol post-sevrage/engraissement[3]	PA		SC		PA		SC		OP		LG		OP		LG	
Alimentation engraissement[4]	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP
Besoin annuel en eau /truie et sa suite, m³	22,0	21,8	20,5	22,1	23,2	23,0	21,7	23,3	21,9	21,5	22,7	22,3	23,3	22,9	24,2	23,8
dont abreuvement, m³	18,4	18,4	17,1	18,8	19,3	19,2	17,9	19,6	18,6	18,3	18,8	18,4	19,7	19,3	19,8	19,5
dont lavage, m³	3,5	3,4	3,4	3,3	3,9	3,8	3,8	3,7	3,2	3,2	3,9	3,9	3,6	3,6	4,4	4,3
Part/catégorie d'animaux, %[5]																
Truies	29,0	29,2	31,1	28,8	32,7	32,9	34,9	32,5	27,8	28,4	26,8	27,3	32,4	33,0	31,2	31,8
Porcelets	9,9	10,0	10,6	9,9	9,4	9,5	10,0	9,4	12,2	12,4	13,3	13,6	11,4	11,6	12,5	12,7
Porcs charcutiers	61,1	60,8	58,3	61,3	57,9	57,6	55,0	58,2	60,0	59,3	59,9	59,1	56,2	55,4	56,3	55,4

[1]Elevage 100% Naisseur-Engraisseur, pas de vente d'animaux au sevrage ni à l'entrée en engraissement.
[2]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
[3]PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.
[4]NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.
[5]% du besoin annuel en eau d'un élevage 100% Naisseur-Engraisseur.

d'engraissement, 20,2% pour les salles de maternité et 32,0% pour les salles de post-sevrage (Tableau 5.16 et 5.17).

Les volumes d'eau augmentent avec la surface à nettoyer. Dans les salles de post-sevrage et d'engraissement du système *Caillebotis*, le besoin en eau des salles OP est inférieur de 26,6% à celui des salles LG (Tableau 5.17) et proportionnel à la surface offerte en moins aux animaux (-26,8% en moyenne). S'agissant des salles de gestation, le besoin en eau des salles DAC est inférieur de 64,1% à celui des salles RC (Tableau 5.16). La surface au sol à nettoyer étant plus faible de seulement 23,7%, la nature des équipements affecte l'utilisation d'eau. Les salles RC sont en effet équipées d'auges, de doseurs servant à la distribution des repas d'aliment, de réfectoires, de barrières et de collecteurs de lisier rendant plus complexe leur nettoyage. Le nettoyage de ces matériels contribue à expliquer les écarts de besoin en eau.

Bilan pour les systèmes d'élevage complets

Au final, les besoins en eau pour l'abreuvement et les opérations de lavage des salles des deux systèmes d'élevage sont proches et peu dépendants de l'itinéraire technique (22,5 m^3 par truie et sa suite et par an, tableau 5.18). Le lavage des salles représente en moyenne 16,4% du besoin total en eau des deux systèmes d'élevage, 58,2% de ce total est affecté à l'élevage des porcs charcutiers.

Aux valeurs présentées dans le tableau 5.18, il convient de rajouter l'utilisation d'eau pour les opérations de lavage du quai d'embarquement, des couloirs et des locaux techniques. Ces opérations génèrent des besoins annuels en eau compris entre 1,2 m^3 (LI) et 2,0 m^3 par truie et sa suite (CI*)*. Les écarts de surfaces des locaux techniques et des couloirs de circulation du personnel et des animaux entre les deux systèmes d'élevage expliquent cet écart.

5.6.2 Utilisation de la litière et production de fumiers

Dans les salles de quarantaine sur paille, de pré-troupeau, de gestation (DAC et RC), de post-sevrage (PA et SC) et d'engraissement (PA et SC associées à deux modes d'alimentation NO et SP), la quantité de litière apportée aux 16 cohortes de truies et aux 11 bandes de porcs en croissance est pesée par un système de pesage installé sur le grappin de l'engin de manutention. Cet équipement permet de déterminer la quantité de fumier produite par les porcs.

Les teneurs en trichothécènes, zéaranélone, fumonisines, ochratoxines, aflatoxines et autres mycotoxines (citrinine et patunine) sont déterminées en laboratoire à partir d'échantillons de litière (automne 2006 et printemps 2007) et de lait (automne 2006). La présence d'azoxystrobine, de cyproconazole et de flutriazol imazaméthabenz méthyl issue des traitements phytosanitaires des céréales est recherchée en octobre 2007 dans les pailles d'orge destinées principalement aux truies du système *Litière*.

Sur une seule bande, des prélèvements de fumier sont réalisés par carottage dans les salles de quarantaine (un échantillon), de pré-troupeau (un échantillon), de gestation DAC (un échantillon) et RC (trois échantillons). Dans les salles accueillant les animaux en croissance, des prélèvements de fumiers sont effectués sur deux

Tableau 5.19 - Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur les flux de litière et de fumier.

Mode de logement et d'alimentation en gestation[3]	DAC	RC	Cvr[2]	Effet stat.[1]
Nombre de relevés quarantaine	32			
Nombre de relevés pré-troupeau	16			
Nombre de relevés gestation	5	11		
Quarantaine, kg/truie/bande				
Quantité de litière apportée	---------62,8---------		-	-
Quantité de fumier produit	--------275,9---------		-	-
Pré-troupeau, kg/truie/bande				
Quantité de litière apportée	---------60,7---------		-	-
Quantité de fumier produit	--------227,3---------		-	-
Gestation				
Nombre d'apport de litière/bande	15,4	21,7	13,9	SSy***
Quantité de litière apportée, kg/truie/bande	190	282	10,2	SSy***
Nombre de curage de fumier/bande	1,2	3,3	26,9	SSy**
Quantité de fumier produit, kg/truie/bande	635	1048	11,1	SSy***
Rapport fumier/paille	3,4	3,7	7,9	SSy***
Teneur en matière sèche des fumiers, %	26,4	23,0	-	-

[1]Analyses de variance avec les effets du mode de logement en gestation (SSy).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05.
[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.
[3]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.

bandes de porcelets dans les salles de post-sevrage (PA : 4 échantillons et SC : 4 échantillons) et d'engraissement (PA/NO : deux échantillons ; SC/NO : deux échantillons ; PA/SP : 4 échantillons ; SC/SP : 4 échantillons). Ces prélèvements ont permis de déterminer la teneur en matière sèche des effluents.

Les besoins en surface de céréales pour l'alimentation d'une truie et sa suite sont établis à partir de la composition des formules d'aliment.

Truies en gestation

Le mode de logement et d'alimentation des truies en gestation affecte les flux de litière et de fumier (Tableau 5.19). Les rythmes d'apport de paille et de curage de fumier sont moins marqués pour le mode de logement et d'alimentation DAC (15,4 apports et 1,2 curages par bande) que pour le mode RC (21,7 apports et 3,3 curages).

Comparativement à RC, le besoin en paille du mode d'élevage DAC est plus faible (190 kg contre 282 kg par truie et par bande) et la production de fumier moindre (635 kg contre 1048 kg, tableau 5.19). Le rapport fumier/paille est aussi inférieur (3,4 contre 3,7) et la teneur en matière sèche du fumier est plus élevée (+12,9%). Ce résultat est en accord avec le niveau d'abreuvement des truies observé précédemment : plus faible chez les truies DAC, il conduit à une dilution moindre de leur ration.

Les résultats des analyses de laboratoire concluent au faible risque d'une contamination de la paille par des mycotoxines même si des traces de fusarenone et de DOM-1 sont observées dans le lait des truies du système *Litière* (respectivement 0,03 et 0,04 µg/l). Un effet délétère des mycotoxines sur les performances de lactation et de fécondité des truies du système *Litière* enregistrées au cours de la première phase de cette *expérimentation système* (juillet 2006 et mai 2007, sections 5.2.4 et 5.2.5) est par conséquent peu probable.

Les doses et les délais d'utilisation des produits phytosanitaires employés sur la culture de l'orge, dont la paille est apportée principalement aux truies en gestation, sont respectés. Malgré une utilisation par mégarde d'*Iridia*®, fongicide présentant un risque possible pour les fœtus par la présence de cyproconazole, la teneur de cette molécule est inférieure à la Limite Maximale de Résidu (LMR) fixée par la commission européenne (0,03 contre 1,00 mg de matières actives par kg). La concentration d'azoxystrobine est inférieure à la LMR (0,15 contre 5,00 mg de matières actives par kg) et des traces de flutriazol (0,01 mg par kg) et d'imazaméthabenz méthyl (0,06 mg par kg) sont observées.

Tableau 5.20 - Incidence du mode de logement et d'alimentation des porcs en croissance sur les flux de litière et de fumier.

Sol post-sevrage/engraissement[3]	PA		SC		Cve[2]	Effets stat.[1]
Alimentation engraissement[4]	NO	SP	NO	SP		
Post-sevrage						
Nombre de relevés	14		14			
Nombre d'apport de litière/bande	-------1,4------		-------1,0------		36,5	So*
Quantité de litière apportée, kg/porc/bande	-------8,5------		------11,2-----		20,5	So***
Nombre de curage de fumier/bande	-------1,0------		-------1,0------		-	
Quantité de fumier produit, kg/porc/bande	------28,2-----		------22,8-----		12,5	So***
Rapport fumier/litière	-------3,3------		-------2,0------		22,9	So***
Teneur matière sèche des fumiers, %	------37,7-----		------44,2-----		-	-
Engraissement						
Nombre de relevés	8	6	8	6		
Nombre d'apport de litière/bande	9,3	13,2	1,0	2,0	36,2	So***, Al**
Quantité de litière apportée, kg/porc/bande	72,0	117,5	26,3	64,5	28,1	So***, Al***
Nombre de curage de fumier/bande	1,0	1,7	1,0	2,0	16,7	Al***
Quantité de fumier produit, kg/porc/bande	205,7	320,2	132,6	309,1	18,1	So**, Al***
Rapport fumier/litière	2,8	2,7	5,0	4,8	20,4	So***
Teneur matière sèche des fumiers, %	40,4	29,2	40,6	30,3	-	-

[1]Analyses de la variance avec les effets du mode d'alimentation (Al) et sol (sol).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05.
[2]Cve : Coefficient de variation résiduel, %.
[4]PA : paille ; SC : sciure.
[3]NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.

Porcelets en post-sevrage

En post-sevrage, le mode de logement a une influence sur les flux de matières (Tableau 5.20). Les apports de sciure sont moins fréquents que les apports de paille (1,0 apport contre 1,4 apports par bande). Le besoin en paille par porcelet (8,5 kg par bande) est plus faible que le besoin en sciure (11,2 kg). En revanche, les porcelets SC produisent moins de fumier que les animaux PA (22,8 kg contre 28,2 kg par porcelet et par bande).

Comparativement à la paille, le rapport fumier/litière est plus faible pour le mode de logement sur sol sciure (2,0 contre 3,3, tableau 5.20). Enfin, le fumier produit par les porcelets PA présente une teneur en matière sèche plus faible que celui des animaux SC (37,7% contre 44,2%).

Porcs en engraissement

Le mode de logement et d'alimentation affecte les flux de litière et de fumier des porcs charcutiers (Tableau 5.20). Les apports de litière sont moins fréquents pour le sol sciure que le sol la paille (SC : 1,5 apports et PA : 11,3 apports par bande en moyenne). Sur sol sciure, la quantité de litière par porc (45,4 kg par bande) est plus faible que sur paille (94,8 kg par bande). Concernant la quantité de fumier produite, l'écart entre les deux types de support est moins marqué que les apports avec toutefois une production de fumier moindre dans d'un sol sciure que d'un sol paille (220,9 kg contre 263,0 kg par porc et par bande).

On observe un effet du mode d'alimentation sur la quantité de litière utilisée (Tableau 5.20). Les besoins en paille et en sciure du mode SP sont supérieurs à ceux du mode NO (respectivement +38,7% et +59,2%). Il en est de même pour la fréquence des curages (+41,2% et +50,0%). La production de fumier est proportionnelle à la quantité de paille ou de sciure apportée, les porcs SP fournissant 35,8% (PA) et 57,1% (SC) de fumier en plus que les animaux NO.

Contrairement au post-sevrage, le rapport fumier/litière en engraissement est plus faible pour la paille que pour la sciure (2,8 contre 4,9 en moyenne, tableau 5.20). Il n'est pas affecté par le mode d'alimentation en engraissement (rapport fumier/litière de 3,8 en moyenne). Quelle que soit la nature du sol, le fumier produit par les porcs SP présente une teneur en matière sèche plus faible que celui des porcs NO (29,8% contre et 40,5%). La ration des porcs SP est plus diluée que celle des animaux NO. Elle contribue à expliquer une partie de cette différence.

Au cours de cette expérimentation, un essai factoriel a permis d'apprécier l'impact d'une augmentation du niveau d'abreuvement en engraissement sur les flux de litière. Une pipette installée au dessus d'une auge a délivré 0,8 litre d'eau par porc et par jour en plus de celle apportée par les repas de soupe. Le volume d'eau consommé par les animaux SP excède de 17,0% celle des porcs NO. La quantité de paille utilisée par les porcs NO est inférieure à celle des animaux SP (71,5 kg et 166,5 kg par porc et par bande). Il en est de même pour la quantité de fumier produite (140,0 kg contre 322,5 kg par porc et par bande).

Tableau 5.21 - Estimation du besoin en litière et de la production de fumier d'un élevage naisseur et engraisseur suivant différentes modalités de logement et d'alimentation des animaux[1].

Logement/alimentation gestation[2]	DAC – Paille				RC – Paille			
Sol post-sevrage/engraissement[3]	Paille		Sciure		Paille		Sciure	
Alimentation engraissement[4]	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP
Besoins en litière /truie et sa suite/an								
Paille, tonnes	2,2	3,2	0,4	0,4	2,4	3,4	0,6	0,6
dont porcs charcutiers, %	71,8	80,6	-	-	66,4	76,3	-	-
Sciure, tonnes	-	-	0,8	1,7	-	-	0,8	1,7
dont porcs charcutiers, %	-	-	69,9	85,1	-	-	69,9	85,1
Productions de fumier /truie et sa suite/an								
A partir de paille, tonnes	6,8	9,3	5,0	8,9	7,5	10,1	5,8	9,8
dont porcs charcutiers, %	68,0	76,8	-	-	60,7	70,6	-	-
A partir de sciure, tonnes	-	-	3,5	7,4	-	-	3,5	7,4
dont porcs charcutiers, %	-	-	85,1	93,0	-	-	85,1	93,0

[1]Elevage 100 % Naisseur-Engraisseur, pas de vente au sevrage ni à l'entrée en engraissement.
[2]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
[3]PA : paille ; SC : sciure.
[4]NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.

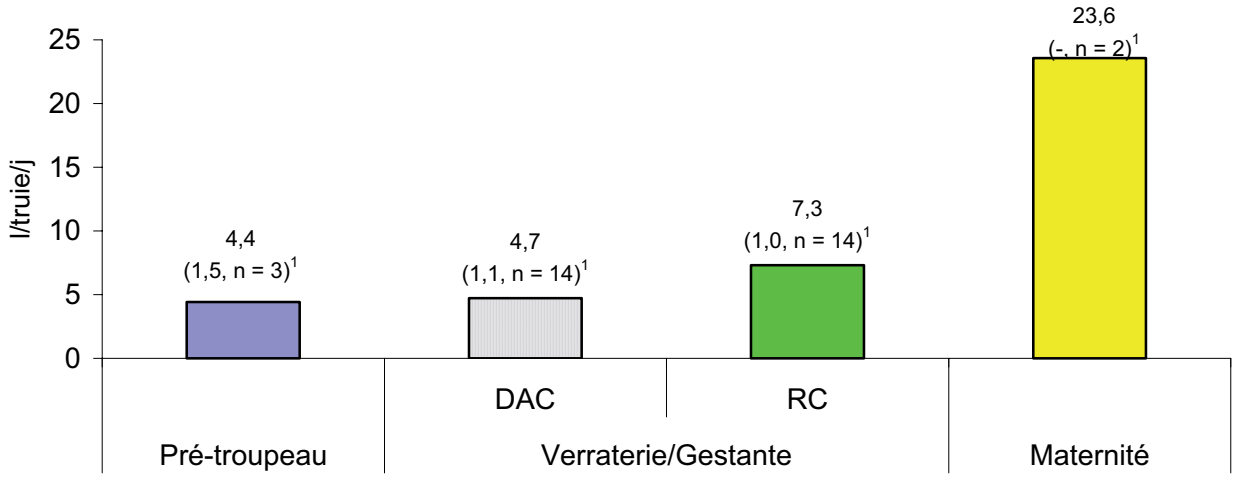
Enfin, le renouvellement fréquent de la litière et les quantités apportées contribuent probablement à maintenir d'excellentes conditions thermiques à l'intérieur des bâtiments.

Bilan pour les systèmes d'élevage complets

Les besoins en litière des systèmes d'élevage dépendent des itinéraires techniques (Tableau 5.21). Sur paille, ils varient annuellement entre 2,2 à 3,4 tonnes par truie et sa suite, 73,8% du tonnage total étant affecté aux porcs charcutiers. Les rendements en paille, variables suivant les espèces, les variétés et les techniques culturales, sont compris entre 4,2 et 5,1 tonnes par hectare dans la zone d'installation du dispositif expérimental. La surface en céréales pour le fonctionnement de ces itinéraires est comprise entre 0,47 hectare et 0,73 hectare par truie et sa suite et par an. Le besoin en surface de céréales pour alimenter une truie et sa suite est estimé entre 0,77 hectare et 0,86 hectare selon la nature des matières premières incorporées dans les aliments. La production de fumier dépend des quantités de paille utilisées. Elle varie entre 6,8 tonnes et 10,1 tonnes par truie et sa suite et par an. En moyenne, 69,0% de la quantité totale de fumier est produite par les porcs charcutiers.

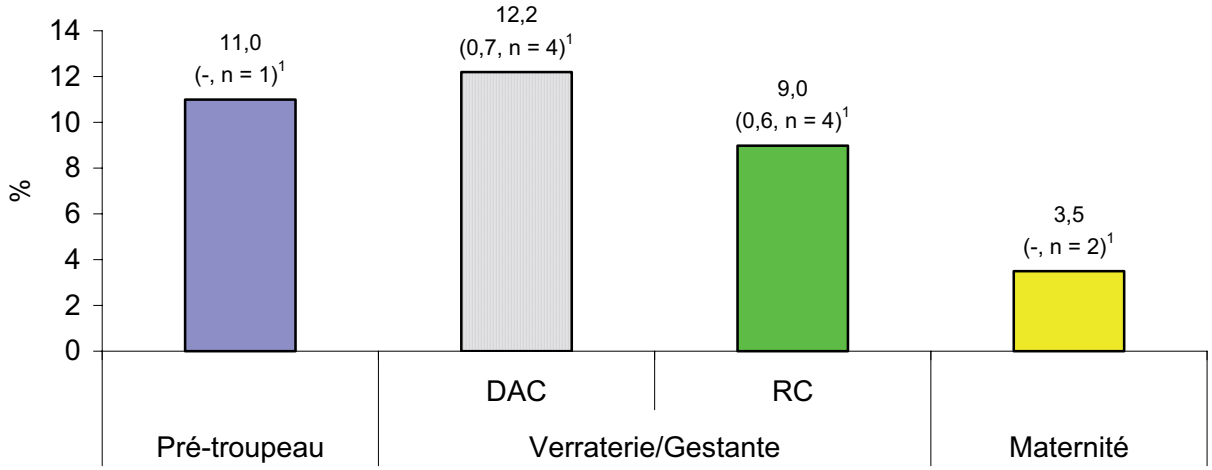
Lorsque les porcs sont élevés sur sol sciure en post-sevrage et en engraissement, les flux de litière varient d'un itinéraire technique à l'autre (Tableau 5.21). Les besoins annuels en sciure des animaux NO et SP sont respectivement de 0,8 tonnes et 1,7 tonnes par truie et sa suite et les quantités de fumier de 3,5 tonnes et 7,4 tonnes. Comparativement aux porcelets en post-sevrage, les porcs charcutiers ont des besoins plus importants en litière de sciure (77,5% du tonnage) et produisent plus de fumier à base de sciure (89,0% du tonnage).

Figure 5.7 - Incidence du mode de logement et d'alimentation sur la production de lisier des truies.



[1]Ecartype.
DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.

Figure 5.8 - Incidence du mode de logement et d'alimentation sur la teneur en matière sèche du lisier des truies.



[1]Ecartype.
DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.

5.6.3 Production de lisier

Sur une bande, le volume hebdomadaire de lisier produit par les animaux est déterminé à partir d'une mesure de la hauteur de l'effluent dans les collecteurs situés sous le plancher des salles de pré-troupeau (3 mesures), de gestation (DAC : 14 mesures et RC : 14 mesures) et d'engraissement (OP/NO : 15 mesures et LG/SP : 15 mesures). En maternité, il est mesuré au sevrage (deux mesures) et en post-sevrage après le transfert des animaux en engraissement (OP : 4 mesures et LG : 4 mesures).

Conjointement, à l'occasion de chaque observation, un prélèvement de lisier est effectué par carottage. La teneur en matière sèche des effluents des salles de pré-troupeau, d'engraissement et de gestation est déterminée en laboratoire à partir d'échantillons moyens constitués par le mélange de plusieurs prélèvements hebdomadaires (pré-troupeau : un échantillon ; gestation : 4 échantillons par modalité ; engraissement : 5 échantillons par modalité). Celle des lisiers de maternité et de post-sevrage est établi de la même manière mais à partir d'échantillons constitués à l'issue de la phase d'élevage (maternité : deux échantillons ; post-sevrage : 4 échantillons par modalité).

Truies en gestation et en lactation

En gestation, le volume et la teneur en matière sèche des lisiers sont affectés par le mode de logement et d'alimentation (Figures 5.7 et 5.8). Une truie DAC produit quotidiennement 35,5% de lisier en moins qu'une truie RC et la teneur en matière sèche de ce lisier est supérieure de 26,4%. Les volumes et les caractéristiques physiques des effluents sont à rapprocher des niveaux d'abreuvement (Sections 5.2.1 et 5.2.2). La quantité d'eau ingurgitée quotidiennement par les truies DAC est inférieure à celles des truies RC (-35,7%). Il en est de même pour le taux de dilution de la ration (-34,9%.)

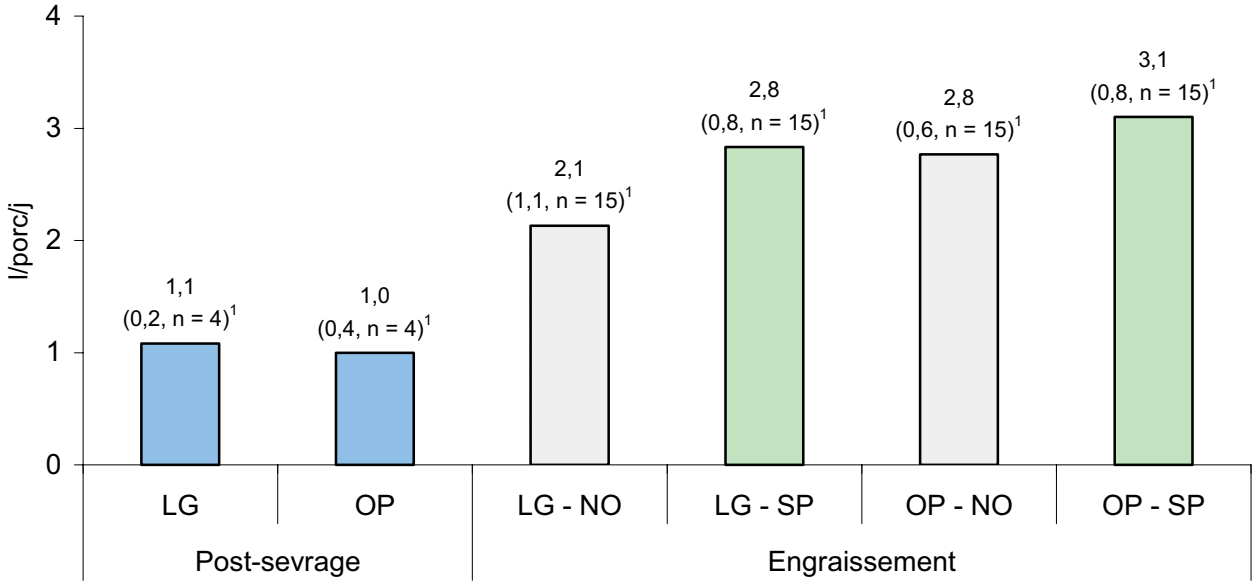
Une truie et ses porcelets en maternité produisent en moyenne 23,6 litres de lisier par jour, quel que soit le mode de logement en gestation (Figure 5.7).

Porcelets en post-sevrage et porcs charcutiers

La surface offerte en post-sevrage n'influence ni le volume, ni la teneur en matière sèche des effluents. Chaque animal produit en moyenne 1,0 litre de lisier par jour (Figure 5.9 ci-après).

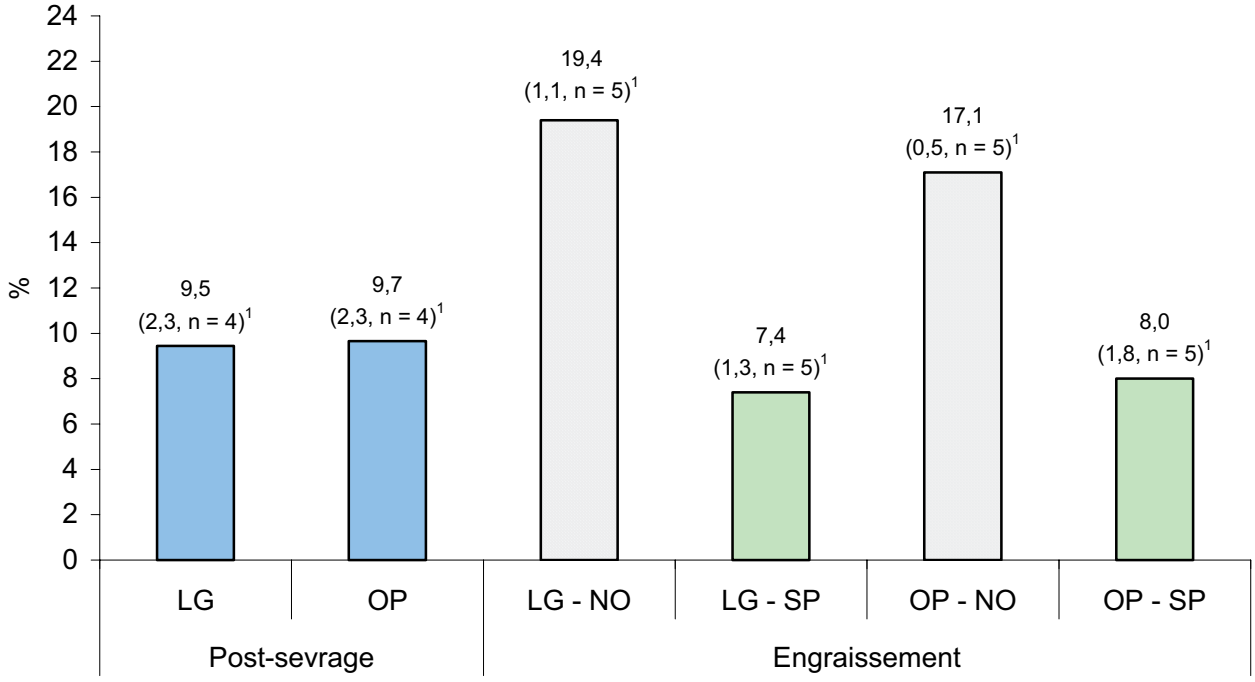
En revanche, le volume et la teneur en matière sèche des lisiers des porcs charcutiers sont affectés par la surface et le mode d'alimentation (Figure 5.9 et 5.10 ci-après). Les porcs OP produisent 15,4% de lisier de plus que les animaux LG. Le volume de lisier produit par les animaux NO est inférieur de 17,5% à celui des porcs SP tandis que la teneur en matière sèche est supérieure de 57,8%. Les différences de niveaux d'abreuvement (2,8%) et de taux de dilution des rations (6,7%) entre ces deux modes d'alimentation (Section 5.3.1 et 5.3.2) contribuent à expliquer ces écarts.

Figure 5.9 - Incidence du mode de logement et d'alimentation sur la production de lisier des porcs en croissance.



[1]Ecartype.
NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.
OP : surface restreinte ; LG : surface large.

Figure 5.10 - Incidence du mode de logement et d'alimentation sur la teneur en matière sèche du lisier des porcs en croissance.



[1]Ecartype.
NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.
OP : surface restreinte ; LG : surface large.

Bilan pour les systèmes d'élevage complets

Le mode de logement et d'alimentation conditionne la production de lisier des itinéraires techniques sur caillebotis (Tableau 5.22 ci-dessous). Les volumes annuels sont compris entre 7,8 et 10,9 m^3 par truie et sa suite, les porcs charcutiers produisant à eux seuls entre 52,8 à 67,6% du volume total des déjections. Les itinéraires avec une alimentation au nourrisseur en engraissement produisent moins de lisier que ceux possédant une distribution de repas de soupe (-15,9% en moyenne). Il en est de même pour ceux disposant d'un automate de distribution d'aliment en gestation (-5,6% en moyenne).

Si l'on ajoute les eaux de lavage, la production annuelle d'effluents des itinéraires techniques sur caillebotis varie entre 11,7 à 14,7 m^3 par truie et sa suite, les eaux de lavage représentant en moyenne 28,3% de ce volume (Tableau 5.22 ci-dessous). La part de ces eaux dans la production totale d'effluents dépend du mode de logement et d'alimentation des porcs charcutiers. Elle est moins importante lorsque les animaux reçoivent des repas de soupe (SP) comparativement à ceux alimentés au nourrisseur (NO) (26,5% contre 30,2%) et lorsqu'ils disposent d'une surface restreinte (OP) par rapport à ceux bénéficiant d'une surface plus large (LG) (25,4% contre 31,4%).

Tableau 5.22 - Estimation des productions de lisier d'un élevage naisseur et engraisseur sur caillebotis suivant différentes modalités de logement et d'alimentation des animaux[1].

Logement/alimentation gestation[2]	DAC				RC			
Sol post-sevrage/engraissement[3]	LG		OP		LG		OP	
Alimentation engraissement[4]	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP
Production d'effluent /truie et sa suite/an, m^3								
Lisier	7,8	9,8	9,1	10,4	8,4	10,4	9,6	10,9
Lisier et eau de lavage	11,7	13,7	12,3	13,6	12,8	14,7	13,2	14,5
Part/catégorie d'animaux, %[5]								
Truies	33,1	26,4	28,6	25,1	37,3	30,1	32,4	28,6
Porcelets	10,6	8,4	8,4	7,4	9,9	8,0	8,0	7,0
Porcs charcutiers	56,3	65,1	63,0	67,6	52,8	61,9	59,6	64,3

[1]Elevage 100 % Naisseur-Engraisseur, pas de vente au sevrage ni à l'entrée en engraissement.
[2]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
[3]OP : surface restreinte ; LG : surface large.
[4]NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.
[5]% de la production annuelle de lisier d'un élevage 100% Naisseur-Engraisseur.

Tableau 5.23 - Incidence du mode de logement et d'alimentation des truies sur le bilan des éléments fertilisants.

	Quarantaine	Pré troupeau		Gestation				Maternité
		Système *Litière*	Système *Caillebotis*	Système *Litière* - DAC[1]	Système *Litière* - RC[1]	Système *Caillebotis* - DAC[1]	Système *Caillebotis* - RC[1]	
Type d'effluent	Fumier	Fumier	Lisier	Fumier	Fumier	Lisier	Lisier	Lisier
Azote								
Excrété, kg/animal	1,81	0,83	0,90	5,25	5,35	5,82	5,91	3,00
Apporté par la litière, kg/animal	0,19	0,18	-	0,56	0,86	-	-	-
Mesuré, kg/animal	1,48	0,69	0,55	4,23	4,82	3,11	3,28	2,20
Recouvrement, %	71,3	61,4	61,1	69,9	74,0	53,4	55,5	73,3
Volatilisation en bâtiment, %	28,3	38,6	38,9	30,1	26,0	46,6	44,5	26,7
Phosphore - P_2O_5								
Excrété, kg/animal	1,14	0,51	0,51	2,74	2,79	3,05	3,10	1,78
Apporté par la litière, kg/animal	0,07	0,07	-	0,18	0,27	-	-	-
Mesuré, kg/porc	1,34	0,62	0,52	3,25	3,53	2,98	3,18	1,82
Recouvrement, %	110,7	106,9	102,0	111,3	115,4	97,7	102,6	102,2
Potassium - K_2O								
Excrété, kg/porc	1,00	0,49	0,50	2,24	2,25	2,39	2,42	1,56
Apporté par la litière, kg/animal	0,98	0,98	-	2,53	3,85	-	-	-
Mesuré, kg/porc	2,10	1,51	0,47	4,68	5,56	2,15	2,24	1,50
Recouvrement, %	106,1	102,7	94,0	98,1	91,1	90,0	92,6	96,1

[1]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.

5.7 L'incidence des modalités d'élevage sur la composition des effluents et le bilan des éléments fertilisants

La valeur fertilisante des effluents est déterminée en laboratoire à partir des échantillons de fumier et de lisier prélevés par carottage (Section 5.6.2 et 5.6.3). Les quantités d'azote, de phosphore et de potassium rejetées par les animaux sont établies. Elles sont comparées aux quantités excrétées par les porcs, estimées à partir des flux d'aliment, de litière et du gain de poids par la méthode du bilan simplifié du Corpen [2003].

Les rejets de chaque itinéraire technique sont calculés à partir des performances zootechniques, des consommations d'aliment et des apports de litière (Chapitres 5.2, 5.3 et 5.6). Les taux de volatilisation des composés azotés des lisiers et des fumiers sont estimés à partir de la confrontation des calculs théoriques et réellement observés.

5.7.1 Rejets en azote, en P_2O_5 et en K_2O des truies et de leur portée

Le système d'élevage affecte les quantités d'éléments produits par les cochettes et par les truies en gestation (Tableau 5.23). Les cochettes sur caillebotis produisent une quantité d'azote, de P_2O_5 et de K_2O inférieure à celles élevées sur paille (N : -20%, P_2O_5 : -16% et K_2O : -69%). Il en est de même pour les éléments produits par les truies en gestation (N : -29,4%, P_2O_5 : -9,1% et K_2O : -57,1%), malgré des niveaux d'excrétions supérieurs (N : +9,6%, P_2O_5 : +10,1% et K_2O : +6,7%). Les apports d'éléments par la paille expliquent en grande partie les écarts observés entre les deux systèmes.

Pour les truies du pré-troupeau et en gestation, la comparaison des bilans d'azote calculés et mesurés permet d'estimer en moyenne à 28,1% la volatilisation des composés azotés pour le fumier et à 45,6% pour le lisier (Tableau 5.23). Dans le cas des litières, le taux estimé de volatilisation est inférieur de 50,8% à celui calculé par le bilan réel simplifié du Corpen [2003] alors que dans le cas du lisier la volatilisation constatée est supérieure de 45,1%. En revanche, la volatilisation des composés azotés du lisier en maternité est proche de celle retenue par le Corpen [2003] (26,7% contre 25,0%). Les taux de recouvrement du P_2O_5 et du K_2O sont satisfaisants avec en moyenne 111,1% et 99,5% de l'excrété pour le fumier et 101,1% et 93,2% pour le lisier.

Sur caillebotis, les modes de logement et d'alimentation des truies en gestation ont peu d'impact sur les rejets (Tableau 5.23). En revanche, ils affectent les quantités d'azote, de P_2O_5 et de K_2O produites par les truies sur litière. Ainsi, du fait de l'utilisation d'une quantité moindre de paille (-34,3%), les animaux conduits en grand groupe et alimentés avec un automate (DAC) produisent moins d'azote, de P_2O_5 et de K_2O que les truies élevées en petits groupes dans des cases équipées de réfectoires (RC) (N : -12,2%, P_2O_5 : -7,9% et K_2O : -15,8%).

TabLeau 5.24 - Incidence du mode de logement et d'alimentation des porcs en croissance sur le bilan des éléments fertilisants.

	Système *Litière*				Système *Caillebotis*			
Sol post-sevrage/engraissement[1]	PA		SC		OP		LG	
Type d'alimentation Post-sevrage Engraissement	Sec Sec	Sec Soupe	Sec Sec	Sec Soupe	Sec Sec	Sec Soupe	Sec Sec	Sec Soupe
Type d'effluent	Fumier				Lisier			
Azote								
Excrété, kg/porc	4,20	4,27	4,40	3,83	4,13	3,24	4,33	3,42
Apporté par la litière, kg/porc	0,24	0,35	0,08	0,11	-	-	-	-
Mesuré, kg/porc	2,26	3,83	1,84	1,66	2,00	1,82	1,90	1,71
Recouvrement, %	49,8	81,5	40,0	40,5	48,4	53,2	43,9	50,0
Volatilisation en bâtiment, %	51,9	18,5	60,0	59,5	51,6	46,8	56,1	50,0
dont post-sevrage, %	34,3		63,2		24,1		25,2	
dont engraissement, %	53,5	17,1	59,7	59,1	53,6	48,9	58,4	52,4
Phosphore - P_2O_5								
Excrété, kg/porc	1,65	1,66	1,71	1,47	1,59	1,25	1,66	1,34
Apporté par la litière, kg/porc	0,17	0,22	0,00	0,00	-	-	-	-
Mesuré, kg/porc	1,77	2,20	1,70	1,47	1,44	1,19	1,46	1,27
Recouvrement, %	97,2	117,0	99,4	100,0	90,6	95,2	87,9	94,8
Potassium - K_2O								
Excrété, kg/porc	2,03	2,03	2,10	1,88	2,02	1,72	2,07	1,81
Apporté par la litière, kg/porc	1,27	1,99	0,00	0,00	-	-	-	-
Mesuré, kg/porc	3,42	3,86	2,26	1,85	1,95	1,72	1,85	1,84
Recouvrement, %	103,6	96,0	107,6	98,4	96,5	100,0	89,4	101,7

[1]PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.

5.7.2 Rejets en azote, en P_2O_5 et en K_2O des porcs en croissance

Le système d'élevage affecte la production d'éléments des porcs en croissance (Tableau 5.24). En moyenne, la quantité d'azote, de P_2O_5 et de K_2O produite par les animaux sur caillebotis est inférieure à celle des animaux sur litière (N : -22,5%, P_2O_5 : -24,9% et K_2O : -35,4%). Le niveau des excrétions ne permet pas d'expliquer la totalité des écarts observés entre les deux systèmes (N : -9,5%, P_2O_5 : -10,0% et K_2O : -5,2%).

La nature du sol LI ou CI influence les quantités produites (Tableau 5.24). Les animaux sur paille présentent les rejets les plus importants (3,0 kg de N, 2,0 kg P_2O_5 et 3,6 kg de K_2O par porc). Le rejet en azote des animaux sur sol sciure est le plus faible (1,8 kg de N par porc) tandis que celui des porcs sur caillebotis est légèrement supérieur (1,9 kg par porc) malgré une excrétion inférieure (-8,8%). En accord avec les résultats obtenus pour l'excrétion, la quantité de P_2O_5 et de K_2O produite par les animaux élevés sur caillebotis est inférieure à celle des porcs conduits sur sol sciure (P_2O_5 : -15,5% et K_2O :–10,5%). Elle est inférieure à celle des porcs élevés sur paille (P_2O_5 : -32,5% et K_2O :–49,5%), la contribution de la paille expliquant en grande partie les écarts observés.

La surface sur caillebotis affecte modérément les rejets même si la quantité d'azote dans les effluents tend à être inférieure (-5,8%) lorsque la surface par porc augmente malgré une excrétion légèrement supérieure (4,9%, tableau 5.24). L'écart de rejet de P_2O_5 et de K_2O entre les deux modalités de surface est limité (entre 0,5 et 3,7%). En revanche, le mode d'alimentation en engraissement a un effet marqué sur les rejets. La quantité d'éléments produite par les porcs SP est inférieure à celle des porcs NO (N : -9,5%, P_2O_5 : -15,2% et K_2O : -6,3%). L'excrétion contribue à expliquer cette différence, elle est inférieure lorsque les animaux reçoivent des repas de soupe comparativement à celle des porcs nourris à sec (N : -21,3%, P_2O_5 : -20,3% et K_2O : 13,7%) du fait d'un poids d'abattage plus faible.

La comparaison des bilans calculés et mesurés d'éléments fertilisants permet d'estimer en moyenne à 51,1% la volatilisation des composés azotés des lisiers sur la période post-sevrage/engraissement (Tableau 5.24). Cette valeur est supérieure à celle du Corpen [2003] (25,0%). Cette différence est principalement le fait de la volatilisation des composés azotés des lisiers produits en engraissement (53,3%), le taux de volatilisation en post-sevrage étant proche de celui communément admis (24,6% contre 25,0%). Enfin, le taux de recouvrement du P_2O_5 et du K_2O est satisfaisant (P_2O_5 : 92,1% et du K_2O : 96,9% en moyenne).

Lorsque les porcs sont élevés sur litière, la nature du support affecte les rejets des animaux (Tableau 5.24). La quantité d'azote, de P_2O_5 et de K_2O produite par les animaux sur sol sciure est inférieure à celle des porcs sur paille (N : -42,5%, P_2O_5 : -20,2% et K_2O : -43,5%), la réduction de l'excrétion (N : -2,8%, P_2O_5 :-3,9% et K_2O : -2,0%) ne permettant pas d'expliquer la totalité de ces différences. Ces dernières sont liées à la contribution de la paille dans les rejets des porcs. Le mode d'alimentation en engraissement a aussi un impact sur les rejets mais il diffère selon la nature de la litière. Ainsi, sur sol sciure, les quantités d'azote, de P_2O_5 et de K_2O produites par les animaux SP sont inférieures à celles des porcs NO (N : -9,8%, P_2O_5 : -13,5 et K_2O : --18,1%), conformément aux niveaux d'excrétion de ces

Tableau 5.25 - Estimation des productions annuelles d'azote, de phosphore et de potassium d'un élevage naisseur et engraisseur suivant différentes modalités de logement et d'alimentation des animaux[1].

Système d'élevage	Système *Litière*								Système *Caillebotis*							
Logement/alimentation gestation[2]	DAC				RC				DAC				RC			
Sol post-sevrage/engraissement[3]	PA		SC		PA		SC		LG		OP		LG		OP	
Alimentation engraissement[4]	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP
Production annuelle /truie et sa suite																
Azote																
en kg[5]	65,0	88,6	50,1	52,5	66,1	89,8	51,3	53,6	47,1	48,6	47,7	51,7	47,7	49,2	48,3	52,3
en ha[6]	0,27	0,36	0,25	0,26	0,27	0,37	0,25	0,27	0,26	0,27	0,27	0,29	0,27	0,28	0,27	0,29
Phosphore – P_2O_5																
en kg	54,6	57,5	47,5	47,3	55,1	58,1	48,1	47,9	43,7	41,0	44,4	40,1	44,0	41,2	44,6	40,3
en ha[7]	0,68	0,72	0,59	0,59	0,69	0,73	0,60	0,60	0,55	0,51	0,55	0,50	0,55	0,52	0,56	0,50
Potasse - K_2O																
en kg	87,6	100,8	57,8	57,4	90,7	103,9	61,0	60,5	50,7	48,2	50,6	47,7	50,8	48,4	50,8	47,9
Part de chaque catégorie d'animaux, %																
Azote																
Truies	22,9	16,8	29,7	28,4	24,2	17,9	31,3	29,9	23,9	23,2	23,6	21,8	24,9	24,1	24,5	22,6
Porcelets	8,6	5,5	7,0	7,9	8,5	5,4	6,8	7,7	8,9	10,0	8,5	9,6	8,8	9,9	8,4	9,5
Porcs charcutiers	68,4	77,7	63,3	63,8	67,3	76,7	61,9	62,4	67,2	66,8	67,9	68,7	66,3	66,0	67,0	67,9
Phosphore - P_2O_5																
Truies	19,7	18,7	22,7	22,8	20,5	19,4	23,5	23,6	22,8	24,3	22,5	24,9	23,2	24,7	22,9	25,3
Porcelets	19,3	22,6	16,1	14,5	19,1	22,4	15,9	14,3	12,5	11,0	12,5	10,4	12,5	11,0	12,4	10,4
Porcs charcutiers	61,0	58,7	61,2	62,8	60,4	58,1	60,6	62,1	64,7	64,6	65,1	64,7	64,3	64,3	64,7	64,3
Potassium - K_2O																
Truies	17,5	15,2	26,5	26,7	20,4	17,8	30,3	30,5	17,4	18,3	17,4	18,5	17,7	18,6	17,7	18,8
Porcelets	6,4	5,8	5,6	6,8	6,1	5,6	5,3	6,5	8,1	8,1	7,7	8,6	8,1	8,1	7,7	8,6
Porcs charcutiers	76,1	79,0	67,9	66,4	73,5	76,6	64,4	63,0	74,4	73,6	74,9	72,9	74,2	73,3	74,6	72,6

[1]Elevage 100 % Naisseur-Engraisseur, pas de vente au sevrage ni à l'entrée en engraissement.
[2]DAC : distributeur automatique d'aliment ; RC : réfectoire et courette.
[3] PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.
[4]NO : alimentation sèche au nourrisseur à volonté ; SP : alimentation en soupe rationnée.
[5]Avant compostage (Système *Litière*) et stockage en fosse (Système *Caillebotis*).
[6]Après volatilisation des composés azotés lors du compostage des fumiers (sciure : -10% et paille : -30 % de l'azote à la sortie des bâtiments) et lors du stockage du lisier en fosses extérieures (-5 %) : 170 kg d'azote/ha de SPE.
[7]80 kg de phosphore/ha de SPE.

éléments (N : -13,0, P_2O_5 : -14,0 et K_2O : -10,5%). En revanche, du fait de l'utilisation plus importante de paille (+36,1%) et pour des excrétions équivalentes, les rejets des porcs SP sont supérieurs à ceux des NO (N : +41,0, P_2O_5 : +19,5 et K_2O : +11,4%).

La comparaison des bilans calculés et mesurés d'éléments fertilisants permet d'estimer en moyenne à 51,9% la volatilisation de composés azotés pour les fumiers pailleux produits par les animaux alimentés avec des nourrisseurs en engraissement et à 60,0% pour ceux de sciure (Tableau 5.24). Ces valeurs sont en retrait (PA : -8,9% et SC : -12,0 %) par rapport à celles admises par le Corpen [2003] mais sont tout à fait satisfaisantes. Les taux de recouvrement du P_2O_5 et du K_2O sont acceptables (P_2O_5 : 98,9 et K_2O : 103,2 % en moyenne). La volatilisation des composés azotés des fumiers produits par les animaux SP sur paille est plus de deux fois inférieure aux valeurs admises (18,5% contre 57,0% dont 17,1% en engraissement). Enfin, le taux de recouvrement du K_2O est satisfaisant (96,0%). Celui du P_2O_5 est supérieur aux prévisions (117,0%) et explique probablement le niveau de rejet de cet élément, particulièrement élevé chez les animaux PA recevant des repas de soupe.

5.7.3 Bilan pour les systèmes d'élevage complets

La quantité d'azote, de P_2O_5 et de K_2O rejetée annuellement par une truie et sa suite des itinéraires techniques sur caillebotis sont de respectivement 49,1, 42,4 et 49,4 kg (Tableau 5.25). Ces rejets sont assez peu variables selon le mode de logement et d'alimentation. La quantité d'azote rejetée est faible, inférieure en moyenne de 33,4% à celle calculée avec les taux usuels de volatilisation des composés azotés par la méthode du bilan simplifié du Corpen [2003]. La concentration en azote du lisier stocké dans les fosses à l'extérieur du dispositif (1,9% contre 3,5% pour celle communément rencontrée en élevage) atteste l'hypothèse d'une réduction importante de ce composé dans les bâtiments (45,1% en moyenne), les excellentes performances zootechniques enregistrées au cours de cette expérimentation ne permettant pas d'expliquer ce taux particulièrement bas.

Pour les animaux sur litières, les rejets varient selon le mode de logement et d'alimentation des porcs charcutiers (Tableau 5.25). Ainsi, pour les itinéraires sciure en post-sevrage et en engraissement, les quantités d'azote, de P_2O_5 et de K_2O rejetées annuellement s'élèvent à respectivement 51,9 kg, 47,7 kg et 59,2 kg par truie et sa suite. Les quantités équivalentes sont de 65,6 kg, 54,9 kg et 89,2 kg pour les parcours sur paille alimentés avec des nourrisseurs, et de 89,2 kg, 57,8 kg et 102,4 kg lorsque les porcs reçoivent des repas de soupe en engraissement.

La part des truies, des porcelets et des porcs charcutiers dans les rejets totaux d'effluents est peu variable selon le système d'élevage, le mode de logement et d'alimentation (Truies : 22,5%, porcelets : 10,0% et porcs charcutiers : 67,5% en moyenne, tableau 5.25), les porcs charcutiers générant l'essentiel des rejets.

Le prototypage du dispositif expérimental permet d'apporter le lisier sur les surfaces potentiellement épandables (SPE) de la ferme de *Crécom*, la réglementation environnementale ne permettant pas d'apporter plus de 170 kg

d'azote et 80 kg de P_2O_5 d'origine organique par hectare de SPE. La totalité des fumiers sont compostés avant d'être exportés en dehors de la zone d'installation du dispositif expérimental classé en Zone en Excédent Structurelle (ZES). Ces *règles de décisions* permettent d'estimer les besoins en surface pour l'épandage des effluents.

Le besoin en surface pour l'épandage des rejets annuels en azote des itinéraires techniques est en moyenne 0,28 hectare par truie et sa suite (Tableau 5.25). Peu variable sur caillebotis (entre 0,26 hectares et 0,29 hectare par truie et sa suite), les modes de logement et d'alimentation affectent plus les besoins annuels en surface d'épandage des itinéraires sur litière, conformément aux observations rapportées précédemment. Sur sol sciure, les besoins en surface sont inférieurs aux itinéraires sur paille (0,26 hectare contre 0,32 hectare par truie et sa suite). Sur paille, les besoins en surface sont moindres lorsque les porcs charcutiers sont alimentés aux nourrisseurs comparativement à ceux recevant des repas de soupe (0,27 hectare contre 0,36 hectare par truie et sa suite).

Le besoin en surface est plus important lorsque la fertilisation est ajustée sur un apport maximum en phosphore par hectare de SPE (Tableau 5.25). Sur caillebotis, une surface moyenne de 0,53 hectare est nécessaire à l'épandage des lisiers produits annuellement par une truie et sa suite. La surface nécessaire à l'épandage des fumiers est supérieure en moyenne de 18,5%. Le besoin en surface est aussi plus variable selon la nature de la litière et la conduite alimentaire. Les itinéraires avec litière de sciure ont un besoin en surface inférieur à ceux conçus entièrement sur paille (0,59 hectare contre 0,70 hectare par truie et sa suite). Le besoin en surface pour la gestion des fumiers pailleux est également inférieur lorsque les animaux sont alimentés au nourrisseur comparativement à la soupe (0,68 hectare contre 0,72 hectare par truie et sa suite).

Tableau 5.26 - Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies sur les besoins en carburant - Système *Litière*.

Logement en gestation[3]	DAC	RC	Cvr[2]	Effet stat.[1]
Nombre de relevés quarantaine	32			
Nombre de relevés pré-troupeau	16			
Nombre de relevés gestation	5	11		
Quarantaine, l/truie/bande				
Paillage	----------0,466----------		-	-
Curage du fumier	----------0,346----------		-	-
Total	0,812			
Pré-troupeau, l/truie/bande				
Paillage	----------0,484----------		-	-
Curage du fumier	----------0,604----------		-	-
Total	1,088			
Gestante, l/truie/bande				
Paillage	0,874	1,354	14,3	SSy***
Curage du fumier	0,236	0,713	25,6	SSy***
Total	1,111	2,067	15,8	SSy***

[1]Analyses de la variance avec l'effet du sous-système d'élevage (SSy).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05.
[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.
[3]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.

Tableau 5.27 - Incidence du mode de logement et d'alimentation des porcs en croissance sur les besoins en carburant - Système *Litière*.

Sol post-sevrage/engraissement[3]	PA		SC		Cvr[2]	Effets stat.[1]
Alimentation engraissement[4]	NO	SP	NO	SP		
Nombre de relevés post-sevrage	14		14			
Nombre de relevés engraissement	8	6	8	6		
Post-sevrage, l/porc/bande						
Apport de litière	0,022		0,015		42,4	So*
Curage du fumier	0,037		0,037		14,3	
Total	0,059		0,052		25,1	
Engraissement, l/porc/bande						
Apport de litière	0,289	0,399	0,030	0,063	36,7	So***, Al**
Curage du fumier	0,128	0,219	0,125	0,248	23,1	Al***
Total	0,417	0,618	0,155	0,311	28,7	So**, Al**

[1]Analyses de la variance avec les effets de la modalité d'alimentation (Al) et du sol (sol).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05.
[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.
[3]PA : paille ; Sc : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.
[4]NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.

5.8 L'incidence des modalités d'élevage sur les besoins en énergie

5.8.1 Consommations en gasoil de l'engin de manutention des litières

Le besoin en gasoil est déterminé à partir de la consommation moyenne horaire de l'engin de manutention des litières, de la fréquence et du temps impartis à chacune des opérations de paillage et de curage des salles de quarantaine, de pré-troupeau, de gestation (DAC et RC), de post-sevrage (PA et SC) et d'engraissement (PA/NO, PA/SP, SC/NO, SC/SP). L'engin est utilisé uniquement pour la manipulation des litières. Il est le seul équipement du dispositif consommateur de gasoil. Les calculs portent sur les 16 cohortes de truies et les 11 bandes de porcs en croissance.

Truies en gestation

La consommation totale de carburant nécessaire au fonctionnement de l'engin de manutention est affectée par le mode de logement et d'alimentation des truies en gestation (Tableau 5.26). Le mode d'élevage DAC a un besoin en gasoil inférieur au mode RC (-46,3%), tant pour les opérations de paillage (-35,5%) que de curage du fumier (-66,9%).

Ces consommations sont à rapprocher des rythmes de paillage et de curage des fumiers. Ces derniers sont moins fréquents dans les salles de gestation DAC en comparaison aux salles RC (paillage : -29,0% et curage : -63,6%, section 5.6.2).

Porcelets en post-sevrage et porcs charcutiers

En post-sevrage, la consommation totale de carburant n'est pas influencée par la nature du sol, même si les rythmes d'apport de litière, plus pour les sols paillés, conduisent à une consommation en gasoil supérieure (+31,8%, tableau 5.27).

En revanche, la nature du sol et le mode d'alimentation en engraissement conditionnent la consommation totale de carburant (Tableau 5.27). Sur sol sciure, elle est inférieure de 55,0% à celle observée sur paille. Cette différence s'explique surtout par un besoin en gasoil inférieur pour les apports de litière (-86,5%). Pour les salles équipées de nourrisseurs, il est inférieur de 38,4% à celui des salles munies d'auges. Ce constat est vérifié tant pour l'apport de litière (-31,0%) que pour le curage des fumiers (–45,8%).

Ces observations sont à rapprocher des rythmes d'apport de litière et de curage des fumiers. Les apports de litière sont moins fréquents dans les salles sur sol sciure que sur paille (-86,7%). Quelle que soit la nature du sol, les rythmes d'apport de litière et de curage de fumier sont moins fréquents lorsque les animaux sont alimentés au nourrisseur comparativement aux animaux recevant des repas de soupe (apport de litière : -32,2% et curage du fumier : -45,9%, Section 5.6.2).

Systèmes d'élevage complets

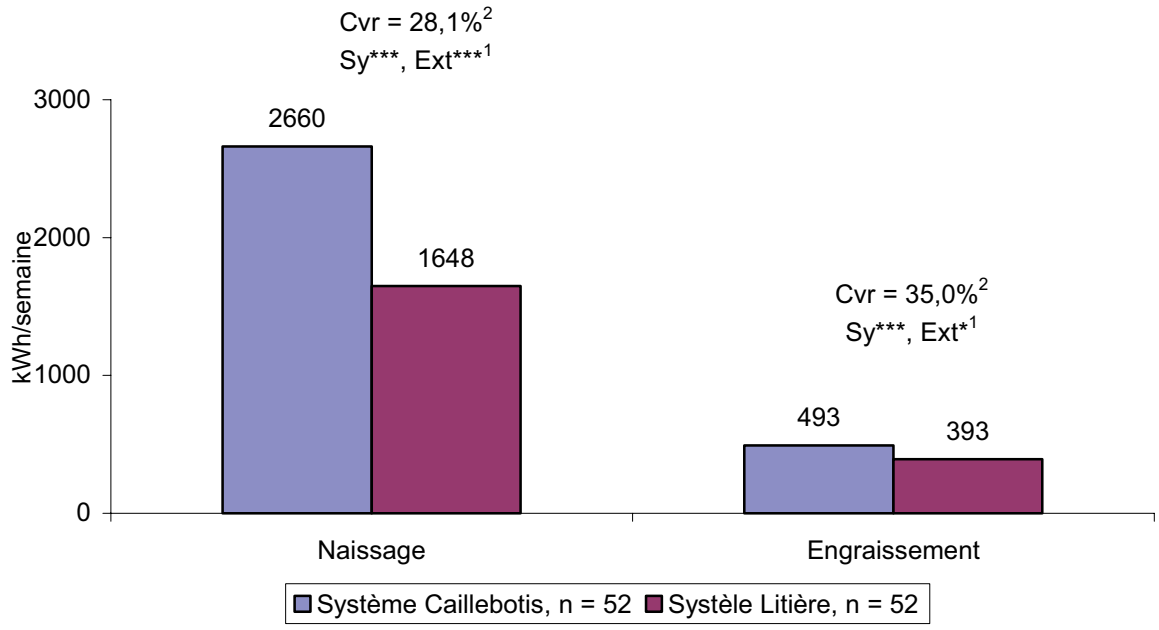
Au final, la consommation annuelle de gasoil pour la manutention de la litière et du fumier des itinéraires techniques sur paille varie entre 136,9 et 199,9 kWh par truie et sa suite (respectivement 13,9 litres et 20,3 litres par truie et par an, tableau

Tableau 5.28 - Estimation des besoins annuels en carburant d'un engin de manutention de la litière et du fumier d'un élevage naisseur et engraisseur conçu sur support meuble[1].

Logement en gestation[2]	DAC				RC			
Sol en post-sevrage/engraissement[3]	PA		SC		PA		SC	
Alimentation en engraissement[4]	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP
Besoins annuel en gasoil /truie et sa suite								
Apport de litière, l	9,2	11,6	3,2	4,0	10,1	12,6	4,2	4,9
Curage du fumier, l	4,7	6,7	4,6	7,3	5,6	7,6	5,5	8,3
Besoin total, l	13,9	18,4	7,7	11,3	15,8	20,3	9,6	13,2
Besoin total, kWh[5]	136,9	181,2	75,8	111,3	155,6	199,9	94,6	130,0
Part/catégorie d'animaux, %								
Truies	23,0	17,4	41,2	28,2	32,2	25,1	52,8	38,5
Porcelets	9,6	7,3	15,5	10,6	8,5	6,6	12,5	9,1
Porcs charcutiers	67,4	75,3	43,2	61,2	59,3	68,3	34,8	52,4

[1]Elevage 100 % Naisseur-Engraisseur, pas de vente au sevrage ni à l'entrée en engraissement.
[3]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
[3]PA : paille ; SC : sciure.
[4]NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.
[5]Besoin en litres x 9,85.

Figure 5.11 - Incidence du système d'élevage sur la consommation hebdomadaire en électricité.



[1]Analyse de la variance avec les effets du système (Sy), du préchauffage (Pchau) et de la température extérieure (Ext).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
[2]Cvr : Coefficient de variation résiduel, %.

5.28). La part du curage dans la consommation totale de carburant est inférieure à celle du paillage (curage : 36,3% et paillage : 63,7%).

Lorsque les porcelets et les porcs charcutiers sont élevés sur sol sciure, les consommations de gasoil sont moindres et plus variables (Tableau 5.28). Elles fluctuent entre 75,8 et 130,0 kWh par truie et par an, soit 7,7 litres à 13,2 litres. Contrairement aux parcours conçus intégralement sur paille, la proportion de gasoil utilisée pour l'apport de sciure et le curage du fumier est inversée (apport : 39,2% et curage : 60,8%).

Le rythme d'apport diffère selon la nature de la litière. Les apports de paille étant plus fréquents que ceux de sciure, le besoin de gasoil est moindre (-80,2%, tableau 5.28). Pour l'activité de curage, la nature du sol n'affecte pas la consommation de gasoil qui dépend uniquement du mode d'alimentation en engraissement, le mode SP étant plus consommateur en énergie que le mode NO (+26,6% en moyenne).

Les flux de litière et de fumier en engraissement représentent entre 59,3% et 75,3% de l'ensemble des besoins totaux en carburant, le reste étant affecté à la gestion des supports meubles dans les salles de pré-troupeau, de gestation et de post-sevrage (Tableau 5.28). Lorsque les porcelets et les porcs charcutiers sont élevés sur sol sciure, la manutention de la litière et du fumier représente entre 34,8% et 61,2% de l'ensemble du besoin total en gasoil. La proportion de carburant affectée aux porcs charcutiers varie selon les modes de logement et d'alimentation. Elle augmente avec l'accroissement du rythme d'apport de litière et de curage du fumier, le besoin du mode SP étant supérieur à celui du mode NO (+26,0% en moyenne). Elle dépend des flux de matières dans les salles de gestation. Elle diminue avec l'augmentation de la fréquence des apports de paille et de curage du fumier, le besoin en gasoil du mode RC étant supérieur à celui du mode DAC (-13,7% en moyenne).

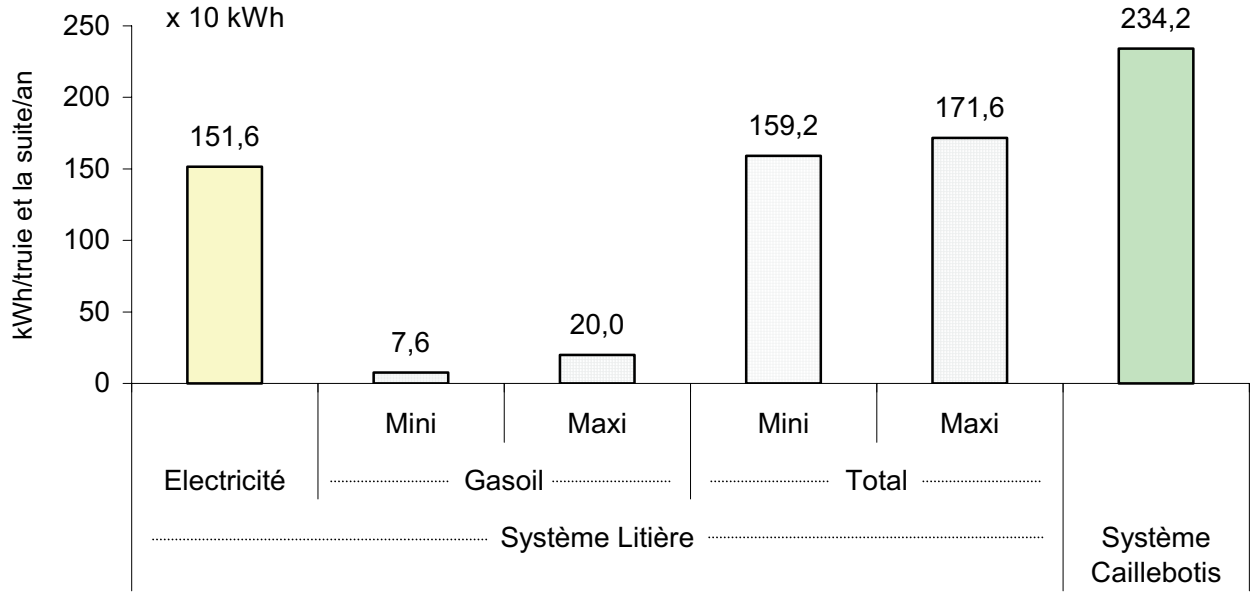
5.8.2 Consommation en électricité

Des relevés hebdomadaires de la consommation électrique des salles de pré-troupeau, de gestation, de maternité et de post-sevrage (Bloc de bâtiment *Naissage*) et des salles d'engraissement (Bloc de bâtiment *Engraissement*) sont réalisés en 2007 puis analysés (Bloc *Naissage* LI : 52 observations, bloc *Naissage* CI : 52 observations, bloc *Engraissement* LI : 52 observations et bloc *Engraissement* CI : 52 observations).

Consommations hebdomadaires d'électricité

Le système d'élevage affecte la consommation hebdomadaire en électricité. Les salles *Naissage* du système *Caillebotis* présentent une consommation supérieure de 38,0% à celles du système *Litière* (Figure 5.11). Il en est de même pour les salles *Engraissement* (+20,3%). Le préchauffage et le chauffage des locaux dans les jours qui précèdent et qui suivent le transfert des animaux n'affectent pas les niveaux de consommation des salles *Engraissement*, même si la consommation augmente légèrement (+8,6% en moyenne). Enfin, le besoin en électricité des salles *Engraissement* est inférieur à celui des salles *Naissage* de 76,2% (LI) à 81,5% (CI).

Figure 5.12 - Incidence des systèmes d'élevage sur la consommation annuelle en énergie.



La consommation hebdomadaire en électricité des salles *Naissage* augmente lorsque la température extérieure diminue. Les salles *Naissage* du système *Caillebotis* sont plus sensibles aux variations de température extérieure que celles du système *Litière*. Les pentes de régression entre les températures extérieures et la consommation sont de -0,003 (CI) et de -0,005 (LI). L'ajustement du modèle d'analyse de la variance par la température extérieure montre qu'une diminution de 1°C provoque une augmentation de la consommation de ces salles de 88,1 kWh par semaine (LI) et de 181,4 kWh (CI).

La température extérieure affecte la consommation hebdomadaire en électricité des salles *Engraissement* mais de façon différente selon le système. L'accroissement de la température extérieure de 1°C provoque une augmentation de la consommation hebdomadaire en électricité des salles du système *Litière* de 17,0 kWh. Dans les salles du système *Caillebotis*, la relation est moins évidente, les températures mesurées à l'intérieur des salles étant moins sensibles aux variations de température extérieure.

Bilan pour les systèmes d'élevage complets

La consommation annuelle en énergie - électricité et carburant –des itinéraires du système *Litière* est comprise entre 1592 kWh et 1716 kWh par truie et sa suite (Figure 5.12). Le carburant représente entre 4,8% à 11,6% de ce total. Il est utilisé essentiellement pour la gestion de la litière et du fumier en engraissement, occasionnant un besoin en énergie pour le fonctionnement des salles *Engraissement* équivalent pour les deux systèmes d'élevage.

La consommation annuelle des itinéraires du système *Caillebotis* est de 2342 kWh par truie et sa suite (Figure 5.12). Elle est supérieure de 24,6% à 32,0% à celle des itinéraires du système *Litière*.

Tableau 5.29 - Estimation des coûts d'investissement d'un élevage naisseur et engraisseur suivant les différentes modalités de logement et d'alimentation des animaux[1].

Système d'élevage	Système *Litière*								Système *Caillebotis*							
Logement/alimentationgestation[2]	DAC				RC				DAC				RC			
Sol post-sevrage/engraissement[3]	PA		SC		PA		SC		OP		LG		OP		LG	
Alimentation engraissement[4]	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP
Investissement/place, €																
Quarantaine	2776															
Pré-troupeau	2811								3562							
Gestante	2956				3121				2495				3213			
Maternité	6241															
Post-sevrage	611		611		611		611		410		509		410		509	
Engraissement	836	833	851	848	836	833	851	848	760	769	891	897	760	769	891	897
Investissement total /truie et sa suite, €[6]	20884	20855	20350	20321	21061	21032	20527	20498	19452	19532	21054	21109	20217	20298	21819	21874
dont stockage des effluents	823		201		823		201		1357							
dont hangar	334		83		334		83		8							
dont matériel de manutention	474		474		474		474		200							

[1]Elevage 100 % Naisseur-Engraisseur, pas de vente au sevrage ni à l'entrée en engraissement.
[2]DAC : distributeur automatique d'aliment ; RC : réfectoire et courette.
[3]PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.
[4]NO : alimentation sèche au nourrisseur à volonté ; SP : alimentation en soupe rationnée.
[5]Hors coûts des silos de stockage des aliments, du quai d'embarquement, de l'infirmerie des porcs en croissance, des ouvrage de stockage des effluents, du hangar pour le stockage des litières, de l'engin de manutention des litières et des fumiers, de la déconstruction de l'ancien élevage et de frais divers.
[6]Après ventilation et répartition des investissement non intégrés dans le calcul des coûts par place (*cf.* [5]).

5.9 L'incidence des modalités d'élevage sur le coût d'investissement et le travail

Le coût d'investissement global du dispositif est de 3,45 millions d'euros HT. Les bâtiments d'élevage représentent 2,6 millions d'euros (travaux de maçonnerie, de menuiserie, d'électrification, de plomberie, d'équipements intérieurs, etc.) et les frais annexes 855000 euros (travaux de terrassement, de clôture du dispositif, etc.). Les actes d'engagements monétaires des entreprises sont analysés pour chiffrer les coûts des différents itinéraires techniques. Les équipements spécifiques aux travaux d'expérimentations (bascules, petites cellules de stockage des lisiers, certains locaux techniques, etc.) et à l'accueil des visiteurs (couloirs de visite extérieurs) sont écartés des calculs. Les charges relatives aux silos de stockage des aliments, au quai d'embarquement, à l'infirmerie des porcs en croissance, à la démolition de l'ancien élevage et divers coûts annexes sont communes aux deux systèmes. Elles sont globalisées et réparties de façon équivalente entre le système *Caillebotis* et *Litière*.

Au cours de l'année 2007 et au début de l'année 2008, les tâches permettant de discriminer les deux systèmes d'élevage sur la charge en travail sont identifiées puis chronométrées. Il s'agit des activités relatives à l'entretien des racleurs sous les caillebotis, à l'apport de litière et au curage du fumier, au lavage des salles lors des vides sanitaires, au raclage manuel des déjections dans les salles de pré-troupeau et de gestation, aux transferts des animaux et au lavage des couloirs suite aux transferts, au démontage et au remontage des dispositifs de chauffage.

5.9.1 Coûts d'investissement

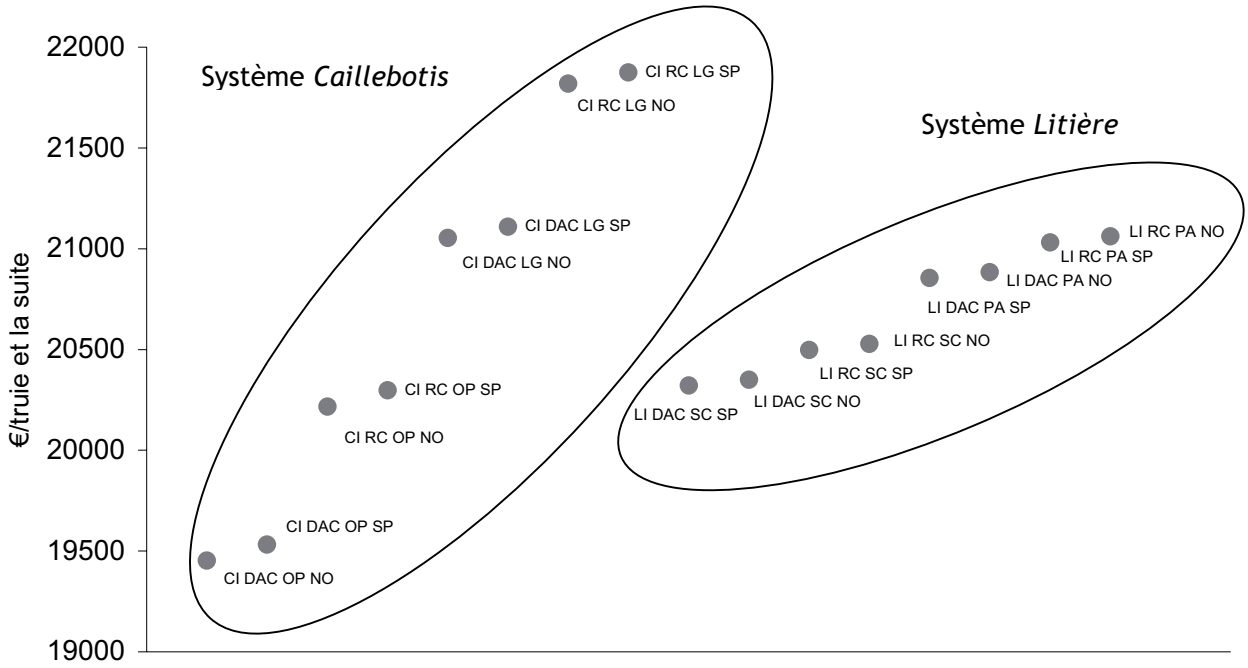
Coût de la place

Le système d'élevage n'affecte pas le coût d'investissement de la place d'engraissement (836 euros par place en moyenne, tableau 5.29). En revanche, il a un effet sur les coûts d'investissement de la place des salles de pré-troupeau, de gestation et de post-sevrage. Comparativement au système *Caillebotis*, le coût de la place de gestation et de post-sevrage est inférieur sur litière (Gestation : -6,1% et post-sevrage : -24,8%). Inversement, pour les salles de pré-troupeau, le coût de la place sur caillebotis est supérieur de 21,1% à celui de la place sur litière.

Le coût d'investissement de la place de truie en gestation diffère selon le mode de logement et d'alimentation (Tableau 5.29). Le coût d'une place DAC est inférieur de 13,9% à celui d'une place RC, les écarts entre les modes de logement et d'alimentation étant moins marqués sur litière (5,3%) que sur caillebotis (22,3%) et proportionnels aux écarts de surface offerte aux animaux (LI : 14,1% et CI : 30,7%).

En post-sevrage et en engraissement, le mode d'alimentation a peu d'impact sur le coût d'investissement (Tableau 5.29). L'écart entre une place NO et SP est en moyenne de 0,3%. En revanche, le mode de logement affecte le coût d'investissement. S'il est seulement de 0,9% entre une place PA et SC, la surface offerte aux animaux sur caillebotis a un effet marqué sur le coût de la place. Ainsi, 36,3% de surface en plus en post-sevrage et de 30,0% en engraissement génèrent un surcoût d'investissement de 19,4% (post-sevrage) et 14,5% (engraissement).

Figure 5.13 - Incidence des itinéraires techniques sur le coût d'investissement en bâtiments et en équipements.



LI : système *Litière* ; CI : système *Caillebotis*.
DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.
PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.

Bilan pour les systèmes d'élevage complets

Certains investissements caractérisent les systèmes. Il s'agit du matériel de manutention de la litière et du fumier, des équipements pour l'entreposage des litières et pour le stockage des effluents (plate-forme de compostage et fosses à lisier extérieures). Les coûts d'investissements spécifiques à la gestion de la litière et du fumier sont inférieurs de 23,7% à ceux du lisier (Tableau 5.29). Les écarts entre les deux systèmes diffèrent selon la nature de la litière apportée en post-sevrage et en engraissement. Ils sont plus marqués dans le cas de la sciure (51,6%) et inversés pour la paille (-4,0%).

Au final, le système d'élevage a un effet peu marqué sur le montant de l'investissement total (20728 euros par truie présente en moyenne, tableau 5.29). Intra-système, les coûts sont variables selon l'itinéraire technique (Figure 5.13). La variabilité est plus importante sur caillebotis que sur litière. L'augmentation de la surface offerte aux animaux LG entraîne un investissement total supplémentaire de 7,4%. En croissance, le logement sur paille entraîne un investissement supérieur de 2,5% à celui sur sol sciure. Enfin, le coût des itinéraires avec logement des truies gestantes en grande case munie d'un automate est inférieur de 3,6% en moyenne à celui des parcours avec logement des truies dans des petites cases équipées de réfectoires.

Tableau 5.30 - Incidence du système d'élevage, du mode de logement et d'alimentation des truies sur les besoins en main d'œuvre.

	Quarantaine	Pré troupeau		Gestation				Maternité
		Système *Litière*	Système *Caillebotis*	Système *Litière DAC*[1]	Système *Litière RC*[1]	Système *Caillebotis DAC*[1]	Système *Caillebotis RC*[1]	
Nombre de relevés	6	3	3	3	6	3	6	6
Temps de travail, min./truie/bande[2]	18,2	25,2	25,4	30,9	75,9	21,6	37,1	62,6
dont entretien des racleurs	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	5,0	5,0	0,0
dont apport de litière	1,5	7,6	0,0	9,9	25,2	0,0	0,0	0,0
dont curage	2,0	7,0	0,0	5,3	14,4	0,0	0,0	0,0
dont lavage des salles	12,0	8,2	11,6	5,2	23,0	3,7	12,3	15,3
dont raclage des déjections	0,0	0,0	6,2	5,3	7,9	6,6	13,2	35,1
dont transfert des animaux	1,5	2,3	2,4	2,7	2,7	2,7	2,7	4,5
dont lavage des couloirs après transferts	0,0	0,0	0,6	2,6	2,6	2,2	2,2	0,8
dont démontage/montage chauffage	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,7	7,0

[1]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
[2]Suivant les opérateurs, 10 à 15 % de variation du temps de travail.

5.9.2 Charge en travail

Gestion des salles de pré-troupeau et de gestation

Le système d'élevage n'influence pas le temps de travail imparti à la gestion des salles de pré-troupeau (25,3 min. par truie et par bande en moyenne, tableau 5.30). Sur litière, les tâches concernent principalement les opérations de paillage, de curage du fumier et de lavage de la salle lors des vides sanitaires (22,8 min. par truie et par bande). Les opérations d'entretien des racleurs, de raclage manuel des déjections sur le sol et de lavage des salles constituent l'essentiel des tâches sur caillebotis (22,5 min. par truie et par bande).

Le système d'élevage a un effet sur le temps de travail nécessaire à la gestion des salles de gestation (Tableau 5.30). La charge en travail des salles CI est de 45,0% inférieure à celle des salles LI. Sur caillebotis, 76,5% en moyenne du temps total est imparti au lavage des salles lors des vides sanitaires, au raclage manuel des déjections sur le sol et à l'entretien des racleurs. Les apports de litière, le curage du fumier et le lavage des salles lors des vides sanitaires représentent 74,2% du temps total consacré aux salles de gestation sur litière.

Le mode de logement et d'alimentation des truies en gestation modifie le besoin en main d'œuvre (Tableau 5.30). Le temps de travail pour la gestion des salles DAC est inférieur de 53,5% à celui des salles RC. Le temps employé à l'opération de raclage manuel des déjections sur le sol des salles DAC est inférieur à celui des salles RC (-43,6%). Il en est de même pour le lavage des salles lors des vides sanitaires (-74,8%). Ce résultat est à rapprocher du besoin en eau pour les opérations de lavage, moindre dans le cas des salles DAC que dans les RC (-64,1%, section 5.6.1). Sur litière, le temps consacré à l'apport de paille et au curage du fumier dans les salles DAC est inférieur à celui des salles RC (apport : -60,7% et curage : -63,2%). Ce résultat est conforme au rythme de curage du fumier, moins fréquent dans les salles DAC par rapport aux salles RC (-63,6%), et dans une moindre mesure pour le rythme d'apport de litière (-29,0%). Le différentiel s'explique par une gestion différente du paillage des cases. Les salles RC sont composées de 3 à 4 cases séparées les unes des autres par des barrières. Lorsque la paille est apportée, les truies sont maintenues dans un réfectoire et les barrières sont manœuvrées afin de permettent à l'engin de manutention d'accéder à l'ensemble des courettes d'une salle. Après dépôt de la litière, le retour à la configuration initiale nécessite de répartir manuellement la litière sur l'ensemble de la surface afin de pouvoir manœuvrer à nouveau les barrières. En revanche, aucune barrière n'est à déplacer dans la salle DAC. Lors de chaque apport, la litière est déposée directement dans la loge, les animaux la répartissant par eux même.

Les écarts de temps de travail entre les systèmes *Caillebotis* et *Litière* pour les tâches de raclage manuel des déjections sur les sols et de lavage des salles lors des vides sanitaires sont moins marqués pour les salles DAC que les salles RC (raclage : 24,5% contre 67,1% et lavage : 28,8% contre 46,5%, tableau 5.30). Enfin, les écarts de temps de travail entre les deux systèmes d'élevage sont moins importants pour les salles DAC que pour les salles RC (30,1% contre 51,1%).

Tableau 5.31 - Incidence du mode de logement et d'alimentation des porcs en croissance sur les besoins en main d'œuvre.

Stade physiologique	Post-sevrage				Engraissement							
Système d'élevage et d'alimentation[1]	Système *Litière NO*		Système *Caillebotis NO*		Système *Litière* NO		Système *Litière* SP		Système *Caillebotis* NO		Système *Caillebotis* SP	
Sol post-sevrage/engraissement[2]	PA	SC	OP	LG	PA	SC	PA	SC	OP	LG	OP	LG
Nombre de relevés	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Temps de travail, min./porc/bande[3]	3,0	2,9	2,6	3,2	11,7	8,1	13,5	9,3	10,8	11,6	10,8	11,5
dont entretien des racleurs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	1,7	1,8	1,7
dont apport de litière	0,3	0,1	0,0	0,0	2,5	0,4	3,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
dont curage du fumier	0,3	0,3	0,0	0,0	1,2	0,5	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
dont lavage des salles	1,2	1,2	1,1	1,7	2,9	2,1	2,7	2,0	1,8	2,6	1,8	2,5
dont transfert des animaux	0,6	0,6	0,5	0,5	4,0	4,0	4,0	4,0	5,9	5,9	5,9	5,9
dont lavage des couloirs après transferts	0,2	0,2	0,2	0,2	1,1	1,1	1,5	1,6	1,3	1,3	1,3	1,3
dont montage/démontage chauffage	0,4	0,4	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

[1]NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.
[2]PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.
[3]Suivant les opérateurs, 10 à 15% de variation du temps de travail.

Gestion des salles de post-sevrage et d'engraissement

Le système d'élevage n'a pas d'impact sur le temps de travail imparti à la gestion des salles de post-sevrage (2,9 min. par porc et par bande en moyenne, tableau 5.31). Sur litière, 71,1% du temps total concerne les opérations de paillage, de curage du fumier, de lavage des salles lors des vides sanitaires et de montage/démontage des radians. Les tâches concernant le lavage des salles et le montage/démontage des radians représentent 75,6% du temps total nécessaire à la gestion des salles de post-sevrage sur caillebotis. La nature de la litière n'a pas d'effet sur la charge en main d'œuvre pour la gestion des salles de post-sevrage (3,0 min. par porc et par bande en moyenne). En revanche, sur caillebotis, le temps total de travail imparti à la gestion des salles de post-sevrage s'accroît lorsque la surface offerte aux animaux augmente (OP : 2,6 min. contre LG : 3,2 min. par porc et par bande). La durée de l'opération de lavage des salles lors des vides sanitaire explique cet écart, le temps de lavage des salles OP étant inférieur de 35,3% à celui des salles LG.

En engraissement, le système d'élevage a peu d'effet sur le besoin en main d'œuvre (10,9 min. par porc et par bande en moyenne, tableau 5.31). En revanche, le mode de logement et d'alimentation impacte la charge en travail. Sur caillebotis, la charge de travail nécessaire à la gestion des salles OP est inférieure à celle des salles LG (-6,5%), le temps de lavage de ces salles étant moindre (-19,4%). S'agissant du système *Litière*, la nature de la litière affecte la charge en travail. Le besoin en main d'œuvre des salles SC est inférieur à celui des salles PA (-31,0%). L'écart de temps imparti au lavage des salles lors des vides sanitaires (-28,6%), au curage du fumier (-53,1%) et à l'apport de litière (-79,3%) explique cette différence. La charge de travail relative aux apports de paille et de sciure est conforme au rythme d'apport de litière, moins fréquent lorsque les porcs sont élevés sur sol sciure que sur paille (-86,7%). De même, le fumier des salles SC est moins fréquemment curé que celui des salles PA (-10%). Cette opération est aussi effectuée plus rapidement (SC : 0,5 min. contre PA : 1,2 min. par porc et par bande). Ces éléments contribuent à expliquer les différences de temps de travail entre les deux modes de logement.

Sur caillebotis, le mode d'alimentation en engraissement n'affecte pas le besoin en main d'œuvre (11,2 min. par porc et par bande en moyenne, tableau 5.31). Par contre, il a un impact sur la charge en travail relative à la gestion des salles d'engraissement sur litière. Le besoin en main d'œuvre des salles NO est en effet inférieur de 13,2% à celui des salles SP. Le temps consacré à l'apport de litière, au lavage des couloirs après les transferts d'animaux et au curage du fumier permet d'expliquer cette différence. Pour ces trois opérations, le besoin en main d'œuvre des salles NO est inférieur à celui des salles SP (Apport litière : -29,3%, lavage : -29,0% et curage : -43,3%). Ces résultats sont conformes aux écarts de rythme d'apport de litière (-32,2%) et de curage des fumiers (-45,9%).

Bilan pour les systèmes d'élevage complets

Le besoin annuel en main d'œuvre du système *Caillebotis* est inférieur de 12,7% à celui du système *Litière* (Tableau 5.32). La part nécessaire à la conduite de l'engraissement (40,2% du temps total) et des truies (48,2%) varie peu d'un itinéraire technique à l'autre.

Tableau 5.32 - Estimation des besoins en main d'œuvre d'un élevage naisseur et engraisseur suivant différentes modalités de logement et d'alimentation des animaux[1].

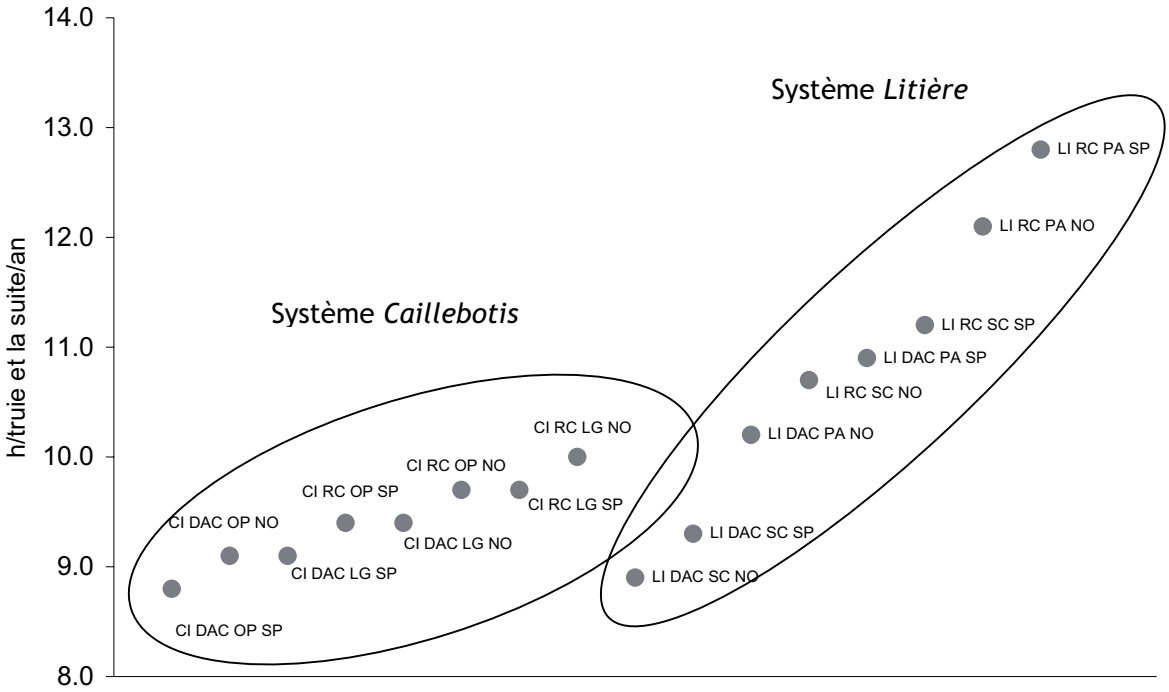
Système d'élevage	Système *Litière*								Système *Caillebotis*							
Logement/alimentation gestation[2]	DAC				RC				DAC				RC			
Sol post-sevrage/engraissement[3]	PA		SC		PA		SC		OP		LG		OP		LG	
Alimentation engraissement[4]	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP
Temps de travail /truie et la suite/an, h	10,2	10,9	8,9	9,3	12,1	12,8	10,7	11,2	9,1	8,8	9,4	9,1	9,7	9,4	10,0	9,7
Part/catégorie d'animaux, %[5]																
Truies en gestation	21,7	20,4	25,2	24,0	33,8	32,0	38,1	36,6	21,5	22,1	21,5	21,5	26,7	27,4	25,9	26,6
Truies en maternité	21,0	19,7	24,3	23,2	17,8	16,8	20,1	19,3	23,8	24,5	23,7	23,7	22,2	22,8	21,5	22,2
Porcelets en post-sevrage	11,1	10,4	12,5	11,9	9,4	8,9	10,3	9,9	13,3	11,1	10,7	10,7	12,4	10,3	12,0	10,0
Porcs charcutiers	46,2	49,5	38,1	41,0	39,1	42,3	31,5	34,2	31,3	42,3	44,1	44,1	38,7	39,5	40,6	41,2

[1]Elevage 100 % Naisseur-Engraisseur, pas de vente au sevrage ni à l'entrée en engraissement.
[2]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
[3]PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.
[4]NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : Alimentation humide et rationnée.
[5]En % du temps de travail annuel d'un élevage 100% Naisseur-Engraisseur pour les tâches consiédérées.

Les modes de logement et d'alimentation des truies en gestation et des porcs en croissance affectent la charge de travail (Tableau 5.32). Sur litière, les itinéraires nécessitant de fréquentes opérations de paillage et de curage sont les plus exigeants en main d'œuvre. C'est en particulier le cas lorsque les truies sont élevées dans des cases équipées de réfectoires (RC) et que les porcs charcutiers sont alimentés en soupe (SP) (12,8 heures par truie présente et par an). A l'inverse, l'itinéraire avec des truies conduites dans des cases équipées d'un DAC et des porcs charcutiers élevés sur sol sciure et alimentés avec des nourrisseurs est plus économe en temps (8,9 heures par truie présente et par an).

Comparativement au système *Litière*, le besoin en main d'œuvre des itinéraires du système *Caillebotis* est moins sensible aux différents modes de logement et d'alimentation des truies et des porcs en croissance (Figure 5.14 ci-dessous). L'écart maximum de besoin en main d'œuvre entre les itinéraires les plus extrêmes sur caillebotis n'excède pas 12,0% alors qu'il est de 30,5% sur litière.

Figure 5.14 - Incidence des itinéraires techniques sur le besoin annuel en main d'œuvre.



LI : système *Litière* ; CI : système *Caillebotis*.
DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.
PA : paille ; SC : Sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.

Tableau 5.33 - Estimation de la rentabilité d'un élevage naisseur et engraisseur suivant différentes modalités de logement et d'alimentation des animaux[1].

Système d'élevage	Système *Litière*								Système *Caillebotis*							
Logement gestation[2]	DAC				RC				DAC				RC			
Sol post-sevrage/engraissement[3]	PA		SC		PA		SC		OP		LG		OP		LG	
Alimentation engraissement[4]	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP	NO	SP
IC global économique	2,57	2,57	2,60	2,60	2,58	2,58	2,61	2,61	2,55	2,55	2,53	2,53	2,56	2,56	2,54	2,54
IC technique sevrage/vente	2,33	2,32	2,37	2,37	2,33	2,32	2,37	2,37	2,31	2,30	2,29	2,28	2,31	2,30	2,29	2,28
Résultats économique, €[5]																
Marge brute/truie	905	771	840	598	886	752	821	579	1020	978	1030	966	1013	971	1023	959
Marge nette/truie	543	393	511	260	479	329	449	196	692	656	685	628	666	631	660	602
Coût de production/kg de carcasse	1,17	1,24	1,20	1,33	1,20	1,28	1,23	1,37	1,11	1,13	1,11	1,13	1,13	1,14	1,12	1,15
Part des coûts fixes, €/kg de carcasse																
Eau	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Litière	0,07	0,10	0,10	0,21	0,07	0,11	0,11	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Energie	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10
Travail	0,12	0,13	0,10	0,11	0,14	0,16	0,12	0,14	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12
Annuité d'emprunts	0,06	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07

[1]Elevage 100 % Naisseur-Engraisseur, pas de vente au sevrage ni à l'entrée en engraissement.
[2]DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
[3]PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.
[4]NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.
[5]Pour 21,1 porcs charcutiers produits par truie et par an ; 1,30 euros/kg de carcasse ; Aliments gestante : 185 euros/tonne, allaitante : 213 euros/tonne, 1er âge : 600 euros/tonne, 2ème âge : 320 euros/tonne, croissance : 202 euros/tonne, finition : 200 euros/tonnes ; 5,57 euros/dose de semence d'insémination ; 0,50 euro/m^3 d'eau ; 60 euros/tonne de paille ; 220 euros/tonne de sciure ; 0,0799 euros/kWh d'énergie ; 11,0 euros/heure de travail.

5.10 L'incidence des modalités d'élevage sur la rentabilité économique

Le calcul du bilan économique des différents itinéraires techniques est réalisé à partir d'un logiciel développé par la Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor pour le personnel chargé du suivi technique et économique des élevage de porcs (Icene®). Toutes les tâches n'ayant pas fait l'objet d'enregistrement, la charge en travail est ajustée à partir des références de Le Moan *et al.* [2003] qui établit à 21h46 le volume horaire pour la conduite d'une truie et sa suite. Compte tenu du montant élevé des investissements et pour afficher des coûts de production cohérents avec ceux de la bibliographie, nous considérons que l'investissement est pour partie auto-financé. Le complément, variable selon l'itinéraire, fait l'objet d'un prêt sur 15 années financé à 6,0%. La paille n'est pas produite sur l'exploitation, elle est achetée à l'extérieur. Les autres éléments techniques et économiques sont ceux enregistrés au cours de cette étude. Certains non évoqués jusqu'à présent sont rapportés sous le tableau 5.33.

5.10.1 Système *Caillebotis* : Effet du mode d'élevage

Dans le système caillebotis, le mode de logement et d'alimentation des truies en gestation influence la marge nette par truie et par an (RC : 640 euros contre DAC : 665 euros par truie, tableau 5.33). Ceci s'explique par un coût d'investissement et un temps de travail moindre pour les itinéraires techniques avec logement des truies en grand groupe et une alimentation avec un automate de distribution d'aliment (DAC) comparativement aux parcours avec hébergement des truies en petits groupes dans des cases munies de réfectoires (RC). L'écart entre les deux modalités reste toutefois modéré (1,5 centimes d'euros par kg de carcasse).

Les itinéraires avec une alimentation au nourrisseur en engraissement (NO) présentent des marges supérieures comparativement à l'alimentation en soupe (SP) (marge brute : +5,2% ; marge nette : +6,9%, tableau 5.33) et un coût de production en retrait de 2,0 centimes d'euros par kg de carcasse. Malgré une plus value technique de la carcasse moins favorable (NO : 10,2 centimes contre SP : 11,4 centimes d'euros par kg de carcasse, section 5.3.4), le poids d'abattage des porcs NO est supérieur de 5,0% et permet de répartir les charges sur un volume de production plus important.

La surface offerte en plus aux animaux en post-sevrage et en engraissement (LG) n'a pas d'impact sur la marge brute (995 euros par truie en moyenne, tableau 5.33). Comparativement aux itinéraires avec une surface plus restreinte (OP), l'effet favorable d'une surface plus grande (LG) sur l'Indice de Consommation Global Economique (ICGE) et l'IC technique sevrage/vente (-0,03 point) est en partie compensé par une plus value technique moindre. La marge nette est par contre à la défaveur des modes d'élevage avec une surface plus importante (-2,6%) mais l'effet de la surface sur le coût de production est anecdotique. Il en est de même pour le coût d'investissement (0,8 centime d'euro par kg de carcasse) et la charge en travail (0,5 centime d'euro).

Au final, l'itinéraire technique le plus optimisé est celui présentant une surface moindre en bâtiment (DAC et OP) et offrant un libre accès à l'aliment (DAC et NO).

Pour ces systèmes, les marges brutes et nettes sont supérieures de respectivement 2,8% et 6,5%, la différence de coût de production étant de 2,0 centimes d'euros par kg de carcasse.

5.10.2 Système *Litière* : Comparaison des itinéraires techniques

Comme pour le système *Caillebotis* mais de façon plus marquée, les modalités DAC présentent des marges brutes et nettes supérieures à celles des modalités RC (marge brute : +2,4% et marge nette : +14,9%, tableau 5.33). La charge relative à la litière (-0,8 centime d'euro par kg de carcasse) et surtout celle liée au travail (-2,5 centimes d'euros par kg de carcasse) expliquent le coût de production en retrait de 3,5 centimes d'euros par kg de carcasse des itinéraires DAC comparativement aux parcours RC.

Les itinéraires avec paille (PA) sont plus rentables que les itinéraires avec sciure (SC) (Tableau 5.33), les marges brutes et nettes étant supérieures de respectivement 14,4% et 18,8%. L'écart de coût de production est de 6,0 centimes d'euros en faveur des itinéraires PA, le coût de la litière des parcours PA étant inférieur à celui des itinéraires SC (PA : 8,7 centimes d'euros et SC : 16,0 centimes d'euros par kg de carcasse).

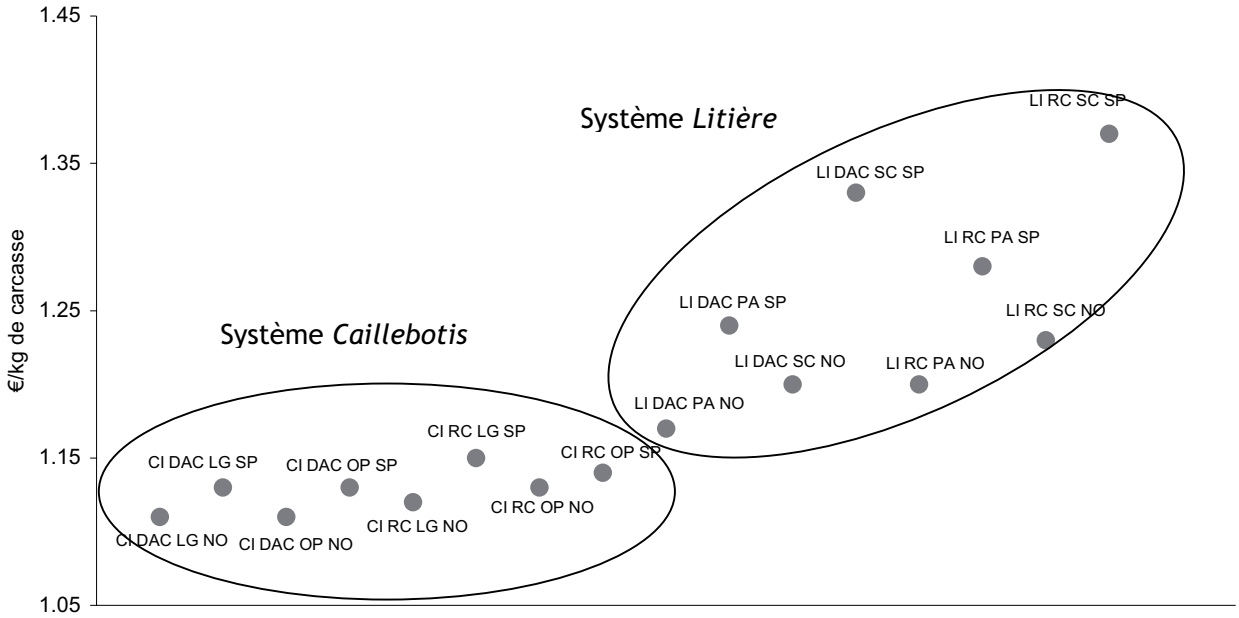
Pour un type de litière donné, la rentabilité dépend du mode d'alimentation des porcs en croissance (Tableau 5.33). Sur paille, lorsque les porcs à l'engraissement sont alimentés au nourrisseur (NO), la marge brute est améliorée de 15,0% et la marge nette de 29,4%, comparativement à l'alimentation en soupe (SP). Il s'en suit une détérioration du coût de production de 7,5 centimes d'euros par kg de carcasse. Les différences entre ces deux modes d'alimentation sont accentuées pour les itinéraires avec sciure : -29,1% pour la marge brute et -52,5% pour la marge nette en défaveur du mode SP. L'écart de coût de production est aussi plus marqué : 13,5 centimes d'euros par kg de carcasse. Les animaux NO étant plus lourds à l'abattage que les porcs SP (123,0 kg contre 116,9 kg), les charges sont réparties sur un volume de production supérieur. L'itinéraire NO est également plus économe en litière (PA : -3,5 centimes et SC : -11,0 centimes d'euros par kg de carcasse) et en temps de travail (PA et SC: -1,5 centimes d'euros par kg de carcasse), ce qui contribue aussi aux écarts de marges observés.

Globalement, les itinéraires économes en litière (DAC et NO) sont les plus optimisés sur le plan financier. Leurs coûts de production de 1,17 € (PA) et 1,20 € (SC) par kg de carcasse sont en retrait de 11,0 centimes (PA) et 17,0 centimes (SC) par kg de carcasse comparativement aux itinéraires RC et SP, plus consommateurs de litières.

5.10.3 Impact du système d'élevage sur le coût de production

Le système d'élevage affecte la rentabilité économique des itinéraires techniques. Sur litière, les marges sont inférieures à celles obtenues sur caillebotis (marge sur coût alimentaire : -22,7% ; marge nette : -39,5%, tableau 5.33). Au final, le coût de production est plus élevé sur litière (CI : 1,13 euros contre LI : 1,25 euros par kg de carcasse). Le coût de la litière (12 centimes d'euros par kg de carcasse) et la charge en travail supplémentaire (2 centimes d'euros par kg de carcasse) expliquent cette différence entre les systèmes. En revanche, la charge en énergie

Figure 5.15 - Incidence des itinéraires techniques sur le coût de revient.



LI : système *Litière* ; CI : système *Caillebotis*.
DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.
PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.

des systèmes LI est en moyenne inférieure de 3 centimes d'euros à celle des systèmes CI.

Le coût de production est aussi sensible au volume de production. Il augmente lorsque le poids d'abattage diminue. Sur caillebotis, la surface des bâtiments influence, même modérément, le coût de production. Sur litière, si le coût de production est peu dépendant de la charge en bâtiment, il apparaît étroitement lié au besoin en litière, tout particulièrement lorsque les animaux en croissance sont élevés sur sciure. Enfin, les coûts de production des itinéraires techniques du système *Caillebotis* sont moins variables que ceux du système *Litière* (Figure 5.15).

Pour comprendre un système, il faut... s'en extraire.

[Bernard Werber,
L'empire des anges]

Toute avancée des connaissances génère autant d'interrogations qu'elle apporte de réponses.

[Pierre Joliot
Recherche passionnément]

6 Approche intégrée des systèmes d'élevage, discussion des résultats

Dans cette partie, nous allons tout d'abord confronter les résultats de l'*expérimentation système* à ceux de la bibliographie. Puis, l'originalité de l'approche et du dispositif expérimental seront discutés. Nous verrons que la réalisation d'étude sur la base de *règles de décisions* permet de prendre en compte la diversité des réponses des systèmes d'élevage. Enfin, nous tenterons d'identifier les itinéraires techniques qui apparaissent les plus durables, à partir de quelques critères représentatifs des différentes dimensions de la durabilité.

6.1 Les résultats expérimentaux

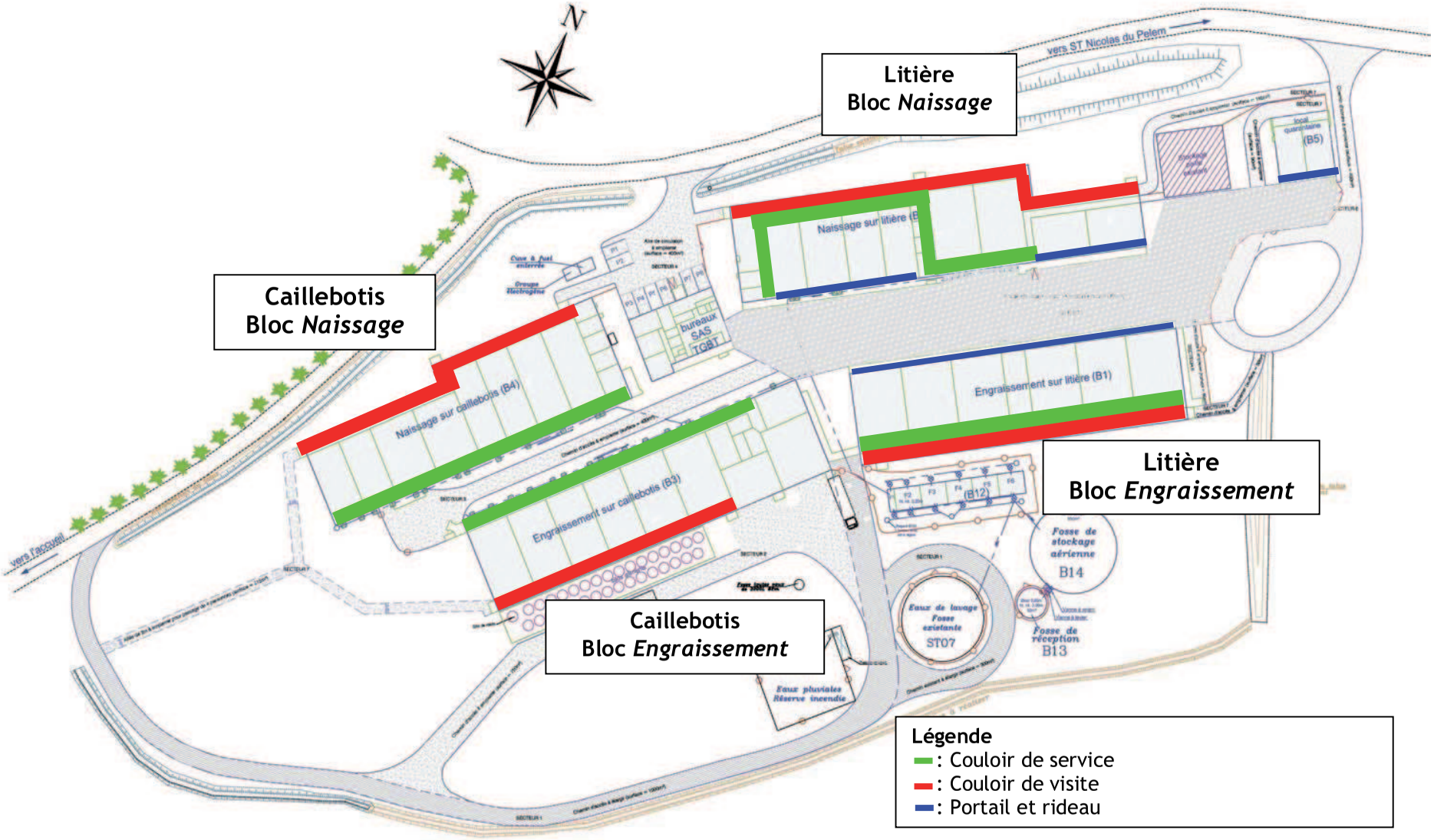
6.1.1 Modalités de logement des animaux

Les conditions thermiques

La température moyenne minimale enregistrée dans les salles de gestation sur litière est inférieure de 1,4°C à la température de consigne limite inférieure. En absence de dispositif de chauffage de l'air ambiant et compte tenu de leur volume (LI : 26,3 m^3 contre CI : 10,3 m^3 par truie), le maintien d'une température en conformité avec celle prévue n'a pas été possible. Cependant, cet écart est modéré. Dans les cellules de gestation sur caillebotis et d'engraissement des deux systèmes, la température minimale est toujours supérieure à celle consignée, tout particulièrement en engraissement sur litière (+2,6°C en moyenne). Enfin, pour tous les stades physiologiques, l'écart de température entre les salles des systèmes *Litière* et *Caillebotis* est limité (2,3°C en moyenne) et conforme aux prévisions de départ. Des résultats différents sont observés par Laligant *et al.* [2002] qui rapportent, dans des salles d'engraissement sur paille, une température moyenne inférieure (18,8°C contre 21,0°C dans notre expérience) et surtout une amplitude moyenne minimum/maximum plus marquée (11,4°C contre 4,3°C). En revanche, les conditions thermiques rapportées par Gaudré [2008] en engraissement sont relativement proches de celles que nous observons. Entre des salles conduites sur paille et sur caillebotis, cet auteur constate un écart de température de 3,3°C, proche de celui que nous mesurons, cet écart étant plus faible en été (2,7°C) qu'en hiver (5,0°C). Ces différents résultats indiquent que les conditions thermiques offertes aux animaux des deux systèmes d'élevage sont tout à fait satisfaisantes. Elles ne constituent donc pas un obstacle à l'expression des performances qui pourraient être détériorées par des conditions thermiques inappropriées. Ainsi, Massabie *et al.* [1991, 1996 et 2004], Massabie [2001] et Serin et Massabie [2004] soulignent qu'une température et un renouvellement de l'air inadaptés ont des effets négatifs sur la santé et les performances des porcs en post-sevrage et en engraissement.

Les déterminants relatifs à la conception des bâtiments et à leur fonctionnement contribuent à expliquer ces résultats. Les matériaux mis en œuvre lors de la construction ont été choisis pour leur excellent pouvoir isolant, limitant de ce fait les déperditions de l'énergie produite par les porcs, par la litière et par les dispositifs de chauffage. Ils permettent également d'atténuer l'effet des variations de la température extérieure sur celle observée à l'intérieur des bâtiments. Ainsi, tous les murs sont composés de deux parois de béton séparées par une lame de

Figure 6.1 - La localisation des couloirs de visite et de service.



polystyrène. L'ensemble présente un coefficient de transmission surfacique faible de 0,47 W/m^2.°C. Ce coefficient serait de 1,37 W/m^2.°C s'il s'agissait de briques monolithes non isolées. Les rampants des toitures des salles des deux systèmes d'élevage sont intégralement recouverts de polystyrène extrudé. Les dallages en béton des sols des salles de post-sevrage sur litière et d'engraissement sur sciure reposent sur des plaques en polystyrène. D'autre part, toutes les salles sont équipées de dispositifs de pré-chauffage qui sont actionnés si nécessaire avant les transferts des animaux. Les salles de gestation sur caillebotis, de maternité et de post-sevrage bénéficient en plus d'équipements permanents de chauffage qui apportent de la chaleur lorsque la température est en dessous des limites pré-établies. Les dispositifs de ventilation présents dans toutes les salles, à l'exception de la quarantaine, concourent aussi à la stabilité des températures intra-système, tout en assurant un renouvellement suffisant de l'air. Enfin, les *règles de décisions* concernant la gestion des ouvertures des modules du système *Litière* limitent les amplitudes de température. Sur paille, en dehors des opérations de manutention des litières, les portails et les rideaux sont ouverts avec parcimonie, uniquement en périodes favorables, au printemps et en été, et seulement entre 9h30 et 18h00. Les porcs sont élevés en claustration en automne et en hiver. Ces éléments de conception et de fonctionnement des systèmes d'élevage sont en adéquation avec les recommandations usuelles établies par l'IFIP [2000] et les Chambres d'agriculture de Bretagne [2008].

Lorsqu'il n'y a pas d'équipements permanents de chauffage de l'air ambiant, les températures mesurées à l'intérieur des cellules du système *Litière* sont plus sensibles aux variations de température extérieure que celles du système *Caillebotis* et cela pour plusieurs raisons. D'une part, pour un nombre d'animaux équivalent, le volume des salles de pré-troupeau et de gestation sur litière est supérieur à celui des modules sur caillebotis (+53,8%). Il en est de même pour les salles de post-sevrage (+48,6%) et d'engraissement (+63,7%). Par conséquent, les déperditions de chaleur par les parois sont supérieures sur litière lorsque la température extérieure diminue. D'autre part, des couloirs de service et de visite longent les façades des deux blocs de bâtiments du système *Caillebotis* tandis que les façades sud du bloc *Naissage* et nord du bloc *Engraissement* du système *Litière* sont plus directement exposées aux éléments naturels (Figure 6.1). Ces deux façades présentent en effet des ouvertures permettant l'apport de litière et le curage du fumier. Les déperditions d'énergie sont favorisées principalement en automne et en hiver au moment de la manutention de la litière. En outre, les matériaux des portails et des rideaux ont un coefficient de transmission surfacique plus élevé que les murs des salles.

Les apports de litière

En raison des fermentations qui s'y déroulent, la litière constitue aussi une source d'énergie. Elle produit de la chaleur et contribue à augmenter la température de la salle. Ainsi, dans des bâtiments de post-sevrage et d'engraissement conduits sur paille et sciure accumulée, Texier *et al*. [1997] observent, dans des litières de post-sevrage et d'engraissement, des températures comprises entre 26,5°C et 42,5°C. Cette production de chaleur est d'autant plus importante que la litière est renouvelée rapidement lorsqu'elle est détériorée. Dans notre expérience, les apports de paille et de sciure sont décidés exclusivement en fonction de l'état de

la litière qui est renouvelée lorsqu'elle est dégradée. Cette *règle de décisions* a permis de maintenir les animaux propres sur un sol peu humide. Les caractéristiques physiques des fumiers seront évoquées ultérieurement (Section 6.1.6). Au final, la litière constitue une source d'énergie non négligeable qui participe à l'évaporation de l'eau et au maintien des conditions thermiques favorables évoquées précédemment.

Selon le stade physiologique des animaux, leur mode de logement et d'alimentation, l'apport de litière est variable. Il est moins fréquent dans les salles de gestation DAC (15,4 apports par bande) que dans les salles RC (21,7 apports) et le besoin en paille y est inférieur (190 kg contre 282 kg par truie et par bande). Les résultats de la bibliographie à ce sujet sont contradictoires. Gérard [2001, 2010] rapporte un besoin quotidien en paille de 220 kg par truie et par bande, pour des truies élevées en groupe dynamique et alimentées par un automate de distribution alors qu'il s'élève à 400 kg dans le cas de cases équipées de réfectoires auto-bloquants. L'écart est moindre dans l'étude de Texier [2001] qui constate, selon les élevages, une utilisation de 50 kg à 200 kg de paille par truie et par bande lorsque les animaux sont conduits sur litière raclée et de 170 kg sur litière accumulée. Des différences de consommation d'eau (Section 6.1.2) et de comportement (Section 6.1.4) semblent être à l'origine des écarts constatés au cours de notre étude.

Le rythme d'apport de litière en post-sevrage et en engraissement est moins fréquent dans le cas de la sciure que de la paille (2,5 apports contre 12,7 apports par bande). L'apport de sciure (56,6 kg par porc dont 11,2 kg en post-sevrage) est aussi inférieur à celui de la paille (103,3 kg par porc dont 8,5 kg en post-sevrage). En post-sevrage, le besoin en paille de 12,0 kg par porcelet et par bande est moins important que celui mesuré par Dubois *et al.* [2005], mais dans des conditions d'élevage différentes de celles de notre expérimentation. En effet, les animaux étaient élevés dans un bâtiment de type cabane avec un accès à une courette extérieure. Les amplitudes de température dans le caisson, probablement plus importantes que celles enregistrées au cours de notre expérience, entraînent sans doute des apports plus importants de paille. En accord avec ces auteurs, Texier [2001] note un besoin en paille compris entre 10 kg et 15 kg par porcelet et par bande. S'agissant de la sciure, la quantité apportée dans notre étude est en adéquation avec celle généralement préconisée, entre 7 kg à 10 kg par porcelet et par bande. En engraissement, l'apport de paille est conforme aux valeurs rapportées par Saget et Guivarch [2001] et Ramonet *et al.* [2003] qui varient largement entre 60 kg à 140 kg par porc et par bande. Le mode d'alimentation influence de façon marquée le besoin en litière. Il est inférieur chez les porcs alimentés à volonté au nourrisseur (NO) (72 kg par porc et par bande) comparativement aux animaux recevant des repas rationnés de soupe (SP) (117 kg). La quantité de sciure utilisée dans les salles équipées de nourrisseurs (26 kg par porc et par bande) est voisine de celle rapportée par le Corpen [2003] (25 kg à 35 kg) et par Texier *et al.* [2004] (29 kg à 46 kg) pour des bâtiments de conception analogue. En revanche, la valeur mesurée pour les porcs recevant des repas rationnés de soupe (SP) (64 kg par porc et par bande) est très supérieure aux références habituelles. Comme nous le verrons par la suite, des différences de consommation d'eau (Section 6.1.3), d'activité motrice et de comportement de

fouissage des animaux (Section 6.1.4) semblent être à l'origine de ces écarts de besoin en paille et en sciure.

Finalement, le mode de logement et d'alimentation des animaux affecte le besoin annuel en litière. Dans le cas de la paille, ce besoin varie entre 2,2 tonnes et 3,4 tonnes par truie et sa suite, dont 73,8% sont utilisés pour les porcs charcutiers. La surface de cultures de céréales nécessaire pour produire cette quantité de litière est comprise entre 0,47 et 0,73 hectare par truie et sa suite, soit une surface totale variant de 31,8 hectares à 50,0 hectares pour un atelier de 67,5 truies présentes. Le besoin annuel en sciure varie quant à lui de 0,8 tonne (NO) à 1,7 tonnes (SP) par truie et sa suite.

6.1.2 Performances des truies reproductrices

Consommation d'aliment et d'eau

La quantité d'aliment distribuée quotidiennement aux animaux pendant la phase de préparation à la mise à la reproduction (2,9 kg par truie), de gestation (2,7 kg) et de lactation (5,8 kg) n'est pas affectée par le système d'élevage. Pourtant, dans plusieurs études, l'ingestion de paille et/ou d'un aliment enrichi en fibres pendant la gestation est associée à une augmentation de la consommation spontanée d'aliment en lactation [Matte *et al.,* 1994 ; Vestergaard et Danielsen, 1998 ; Courboulay et Gaudré 2002]. Le plafond d'alimentation appliqué en maternité au cours de notre expérimentation (7,5 kg par truie et par jour) peut contribuer à expliquer cette absence de différence.

Le niveau d'abreuvement quotidien en gestation (10,3 litres d'eau par truie en moyenne) est inférieur à ceux rapportés par Madec [1984], Weckowickz *et al.* [1978] (18 litres par truie), Bauer [1982] cités par Madec [1985], Madec [1985] (12 litres par truie), Magné [1985] et Massabie [2001] (15 à 20 litres par truie) pour des animaux attachés ou bloqués. La consommation d'eau diffère significativement selon le mode de logement et d'alimentation. Les truies élevées en grand groupe, dans une case équipée d'un automate de distribution d'aliment et ayant un accès libre à des abreuvoirs (DAC) présentent un niveau d'abreuvement moyen journalier inférieur à celui des truies recevant quotidiennement 4 distributions d'eau à heure fixe et en quantité préalablement définie (RC) (8,1 litres contre 12,6 litres par truie). Il s'en suit un taux de dilution de l'aliment inférieur (DAC : 3,0 et RC : 4,3 litres par kg d'aliment) qui contribue à expliquer l'écart de besoin en paille rapporté ci-dessus. La quantité d'eau bue par les truies RC est proche de celle constatée par Madec [1985] et est conforme au niveau d'abreuvement retenu lors du prototypage du dispositif (12,0 litres par truie). En revanche, les abreuvoirs sont peu sollicités par les truies DAC en dehors des repas (5,3 litres par truie et par jour en moyenne). Ce constat rejoint celui de Madec [1985] qui indique que malgré la présence d'eau dans les auges, les animaux boivent peu en dehors des phases d'alimentation.

L'utilisation quotidienne des abreuvoirs par les truies DAC diffère aussi selon le système d'élevage. Elle est moins fréquente sur litière (LI) (4,8 litres en moyenne par truie) que sur caillebotis (CI) (5,8 litres), confirmant ainsi les observations de Robert *et al.* [1992] qui montrent que les truies recevant des régimes enrichis en fibres présentent un niveau d'abreuvement spontané inférieur. Fraser [1975]

observe également une diminution de la fréquence des mictions chez des truies élevées sur litière de paille.

Le niveau d'abreuvement des truies DAC est inférieur aux recommandations usuelles. Des tentatives ont été menées pour augmenter à 12,0 litres la quantité d'eau distribuée à l'occasion des prises alimentaires. Elles ont conduit à une élévation marquée du taux de dilution de la ration qui a eu un impact marqué sur la vitesse de dégradation de la litière, confirmant ainsi l'effet du niveau d'abreuvement sur le besoin en paille.

En maternité, les volumes d'eau distribués aux animaux sont conséquents (38,0 litres par truie et par jour), inférieurs à ceux observés par Latimer *et al.* [1996b] (22,6 litres) et plus proches de ceux rapportés par Levasseur et Texier [2001] (54,5 litres). Au cours de notre expérience, les truies accédaient librement à de l'eau et des apports manuels d'eau étaient réalisés après chaque repas d'aliment. Les auges étant très fréquemment vidées de leur contenu avant chaque repas, ces volumes ne sont donc pas consommés dans leur intégralité par les truies.

État corporel

Le poids des truies DAC est inférieur à celui des animaux RC à l'entrée en maternité (232,0 kg contre 248,4 kg) et au sevrage (215,7 kg contre 227,9 kg). Ces résultats diffèrent de ceux de Courboulay et Gaudré [2002] qui n'observent pas d'effet du mode de logement et d'alimentation sur le poids des animaux à différents stades de gestation. En revanche, dans un groupe de truies accédant librement à leur ration, Kranendonk *et al.* [2007] soulignent que les relations hiérarchiques entre les animaux réduisent la prise alimentaire des truies dominées et donc leur gain de poids en gestation. Les truies dominantes ont effectivement tendance à consommer une partie de la ration des animaux soumis. Dans les conditions de notre expérimentation, des vols d'aliment ne peuvent pas être exclus, même si les truies DAC sont isolées dans une stalle lors des phases d'alimentation. Par ailleurs, la perte de poids en lactation des truies RC sur litière est plus importante (23,0 kg contre en moyenne 16,8 kg pour les animaux des trois autres modalités). En gestation, les truies RC reçoivent plus souvent de la paille fraîche (DAC : 15,4 apports contre RC : 21,7 apports par bande), favorisant vraisemblablement l'ingestion de litière. En influençant l'importance du contenu digestif à l'entrée en maternité, cette consommation de paille pourrait expliquer ces écarts de perte de poids entre les différentes modalités d'élevage.

L'épaisseur de lard dorsal des truies au sevrage et à l'entrée en maternité n'est pas influencée par le mode d'élevage. Ceci diffère des résultats de Vermeer [1996] et de ceux de Courboulay et Gaudré [2002] qui montraient que les truies élevées en groupes de 6 (G6) et recevant leur ration alimentaire à heure fixe et à l'auge présentaient un état d'engraissement à l'entrée en maternité inférieur à celui des truies élevées en groupe de 12 et alimentées avec un automate de distribution d'aliment (DAC) (G6 : 20,0 mm contre DAC : 21,1 mm). Dans notre expérience, les épaisseurs de lard dorsal sont en moyenne inférieures aux valeurs rapportées par Courboulay et Gaudré [2002] (15,8 mm contre 20,5 mm à l'entrée en maternité ; 12,7 mm contre 16,8 mm au sevrage) et aux observations de Paboeuf *et al.* [2000] et Quiniou *et al.* [2006, 2008] pour des animaux de type génétique similaire. Ces

valeurs sont également inférieures aux recommandations habituelles (19,0 mm à l'entrée en maternité et 16,0 mm au sevrage) [Dourmad *et al.*, 2001]. Ceci semble indiquer que la conduite alimentaire des truies en gestation est inadaptée à leurs besoins. De nouvelles règles d'alimentation doivent être définies pour pallier au manque d'état des truies au sevrage et à l'entrée en maternité. Nous verrons que ceci pourrait expliquer le niveau relativement modeste des performances de reproduction enregistré au cours de notre étude.

Performances de lactation

Il est difficile de conclure de manière catégorique à l'effet du système d'élevage sur les performances de lactation et de reproduction. En effet, compte tenu de la variabilité des critères mesurés, la taille de notre échantillon est limitée (système *Caillebotis* : 268 portées et système *Litière* : 277 portées). Hill [1978] indique ainsi qu'il faut disposer d'au moins 500 portées par traitement pour mettre en évidence une différence statistiquement significative de 0,5 porcelet entre deux lots d'animaux mis en comparaison ($P<0,05$). Toutefois, l'analyse des résultats, des *règles de décisions* et du suivi du dispositif par le personnel révèlent plusieurs tendances qu'il convient de souligner.

Si la taille de la portée à la naissance, au sevrage et le nombre de porcelets morts nés ne sont pas affectés par le système d'élevage, le pourcentage de pertes de porcelets pendant la lactation dans les portées de truies du système *Litière* (LI) est inférieur à celui des portées issues de truies du système *Caillebotis* (CI) (9,7% contre 13,1%). Par ailleurs, le poids des porcelets à la naissance des portées de truies du système *Caillebotis* est inférieur à celui des portées de truies du système *Litière* (1,42 kg contre 1,47 kg par porcelet). Enfin, il existe une interaction entre le système d'élevage (Sy) et le mode de logement et d'alimentation (SSy) sur le taux de pertes de porcelets en lactation, la taille de la portée et le poids des porcelets au sevrage et, dans une moindre mesure, sur le poids des porcelets à la naissance. Ainsi, sur caillebotis, les performances de lactation des portées issues de truies RC sont meilleures que celles des truies DAC, alors que l'inverse est observé sur litière.

Chez des truies élevées en gestation sur caillebotis, un effet du mode de logement et d'alimentation sur les performances de lactation est également observé par Courboulay et Gaudré [2002]. Le nombre de porcelets nés vivants et sevrés par les truies élevées en groupes de 6 et recevant leur ration alimentaire à heure fixe et à l'auge (G6) est supérieur à celui des truies conduites en groupe de 12 et alimentées avec un automate de distribution d'aliment (DAC) (nés vivants : +5,8% ; sevrés : +4,7%). Dans cette même étude, le mode d'élevage affecte aussi le poids des porcelets à la naissance et au sevrage, les porcelets des truies G6 présentant des poids inférieurs à celui des animaux DAC (naissance : 1,36 kg contre 1,45 kg ; sevrage : 8,53 kg contre 9,03 kg). En revanche, Broom *et al.* [1995] ne constatent pas de différence d'effectif de porcelets nés vivants entre d'une part des truies maintenues en groupe de 5 dans des cases équipées de réfectoires et d'autre part des animaux logés en groupe de 38 et alimentés avec un automate de distribution d'aliment.

Comparativement aux références moyennes rapportées par les Chambres d'agriculture de Bretagne et l'IFIP [2010], les performances enregistrées au cours de notre expérimentation sont satisfaisantes. Cependant, elles sont à relativiser compte tenu, d'une part, du rang de portée moyen des truies (2,4 à la mise bas) et, d'autre part, de l'évolution des résultats au cours du temps. L'analyse chronologique des performances de lactation des 16 cohortes de truies montre en effet que les truies du système *Caillebotis* présentent des performances supérieures à celles des animaux du système *Litière* pour les 6 premières bandes alors que l'inverse est observé pour les 10 suivantes. La recherche de la présence de mycotoxines ou de résidus de produits phytosanitaires dans la paille ne permet pas de conclure à une contamination qui aurait pu être à l'origine de ces différences. Ces évolutions pourraient aussi être liées au changement d'affectation du personnel opéré au cours de l'expérience et qui coïncide avec l'évolution des performances. Ceci pourrait indiquer qu'il existe un effet humain sur les résultats, même dans le cas du suivi d'un protocole détaillé. Notre hypothèse est à rapprocher des travaux de Schouten [1986], Janczak *et al.* [2003] et Boissy *et al.* [2005] qui soulignent l'impact important des relations homme/animal sur le comportement et les performances zootechniques des animaux. Hemsworth *et al.* [1996] constatent que le taux de mortinatalité des porcelets est augmenté lorsque les truies expriment une réaction de méfiance vis-à-vis de l'éleveur. Les travaux de Bories [2009] confirment cette observation et montrent que le stress avant la parturition accroît le pourcentage de porcelets morts-nés alors qu'il est sans effet à la mise bas. Enfin, Leneveu *et al.* [2003] observent une relation significative entre la réaction des truies à l'homme et leur productivité. Si cette hypothèse est vérifiée dans notre étude, ceci posera la question de la formation des agents chargés du suivi des *expérimentations système*, de leur expérience et de la nature de leurs activités au quotidien. Il est établi que ces questionnements n'ont pas fait l'objet d'investigations suffisamment approfondies à l'occasion du prototypage du dispositif expérimental.

Malgré cette confusion, l'interaction évoquée précédemment entre le système d'élevage (Sy) et le mode de logement et d'alimentation (SSy) sur la taille de la portée, le pourcentage de pertes en lactation et le poids des porcelets est vérifiée quelle que soit l'équipe en charge du suivi des deux unités, mais avec des amplitudes plus ou moins marquées. En effet, une analyse complémentaire des données tend à montrer que l'effet du mode de logement et d'alimentation sur les performances est d'autant plus important que l'expérience et le niveau d'expertise des techniciens chargés de leur conduite sont moindres.

Performances de reproduction

S'agissant des performances de reproduction, les truies RC présentent un intervalle temps entre le sevrage et la première insémination inférieur à celui des animaux DAC (respectivement 4,6 jours et 5,6 jours). Ceci diffère des résultats des travaux de Courboulay et Gaudré [2002] qui n'observent pas d'écart entre ces deux modes de logement. L'impossibilité de bloquer les truies dans les salles équipées d'un automate de distribution d'aliment rend les opérations de détection des chaleurs plus difficiles et pourrait expliquer cet écart. Le pourcentage de réforme et le rapport entre le nombre de truies à la mise bas et le nombre de truies inséminées

ne sont pas affectés par le mode de logement et d'alimentation (respectivement 16,1% et 73,5% en moyenne).

D'une manière générale, malgré d'excellentes conditions de logement (Section 6.1.1) et des règles d'hygiène sévères (Section 4.3.6), ces taux de fécondité et de réforme sont médiocres. Nous avons vu précédemment que l'état corporel des truies à l'entrée en maternité (15,9 mm) et au sevrage (12,7 mm) est insuffisant. Ceci pourrait amplifier les effets négatifs du déficit nutritionnel de lactation et expliquer ces niveaux de performances modestes, rejoignant ainsi les conclusions de Aherne et Kirkwood [1985] et Dourmad *et al*. [1994]. Ces auteurs soulignent qu'un déficit nutritionnel important et une déplétion excessive des réserves corporelles pendant la lactation sont préjudiciables aux performances de reproduction et à la longévité des truies.

Par ailleurs, sur des unités peuplées avec des animaux de très haut statut sanitaire, certains auteurs mentionnent des troubles de la reproduction au cours des premières années qui suivent leur peuplement. Ainsi, sur le premier élevage expérimental de *Crécom*, Forestier [1979] observe des retours fréquents en oestrus après la saillie et un taux de pertes de porcelets particulièrement élevé pendant la lactation (15,7%). Avec des animaux Exempts d'Organismes Pathogènes Spécifiques (EOPS) produits par hystérectomie, Cariolet [1986] et Cariolet *et al*. [1994] constatent également des problèmes de reproduction sans que les analyses de laboratoire ne permettent d'établir de relations étiologiques nettes. Ces constats sont à rapprocher de l'évolution du statut sanitaire de l'élevage que nous aborderons ultérieurement dans cette discussion (Section 6.1.5).

6.1.3 Performances de croissance et des carcasses

Post-sevrage

Sur litière (LI), la consommation quotidienne d'aliment par les porcelets est inférieure à celle des animaux élevés sur caillebotis (CI) (0,750 kg contre 0,780 kg par porcelet). Conformément à cette observation et en accord avec les résultats de Massabie [2001], la consommation d'eau est également plus faible (LI : 1,53 litres contre CI : 2,23 litres par porc et par jour). L'Indice de Consommation (IC) et le Gain Moyen Quotidien (GMQ) des porcelets LI sont dégradés respectivement de 5,7% et de 11,0% comparativement à ceux des porcelets CI. Cet effet du système d'élevage s'explique principalement par les résultats des animaux élevés sur sol sciure (SC). Ces derniers présentent un IC supérieur (+7,8%) et un GMQ inférieur (-14,7%), les performances des porcelets élevés sur sol paillé (PA) étant intermédiaires.

Des différences de comportement alimentaire sont observées entre les porcelets CI et LI, tout particulièrement au début de la phase de post-sevrage. Il faut en effet 5 jours de moins aux premiers pour consommer 6 kg d'aliment 1er âge. Cet effet pourrait être lié aux modalités de mise en lots des animaux au moment du sevrage et à la conception des salles de post-sevrage. Ainsi, les cases du système *Litière* accueillent plus d'animaux (42 porcelets contre 11 sur caillebotis) et un nombre de portées supérieur (4 à 5 portées contre 1 à 2). Le *brassage* d'animaux issus de plusieurs portées génèrerait des conflits dont l'intensité serait plus importante sur litière en raison du nombre plus élevé d'animaux par case et de leurs origines plus

diverses. L'instauration de cette hiérarchie serait néfaste à la consommation et à la croissance des porcs. Cette hypothèse est vérifiée par Curtis [1996] qui montre que le *brassage* de plusieurs portées lors de la constitution des cases génère des tensions dommageables aux performances. De surcroît, la surface étant plus importante, les porcelets du système *Litière* ont sans doute plus de difficultés à se repérer dans l'espace durant les quelques jours qui suivent le sevrage. On peut donc penser que l'accès aux points d'eau et d'alimentation est plus compliqué, cette hypothèse devant toutefois être vérifiée.

Les performances des porcelets sur sol sciure (SC) sont en retrait par rapport à celles des autres modalités mises en comparaison. Les consignes de température de ventilation et de chauffage sont identiques pour les salles avec litière de paille et de sciure (Section 4.3.7) alors qu'elles sont plus élevées pour les salles sur caillebotis. Il est vraisemblable que le coefficient isolant de la paille soit meilleur, les porcelets pouvant s'y nicher, ce qui n'est pas le cas pour la sciure. L'utilisation de la même *règle de décisions* pour les deux substrats, à fortiori dans un bâtiment n'offrant aucun refuge aux animaux, semble donc devoir être remise en cause. Des mesures plus fines de la température perçue par les animaux permettraient de confirmer cette hypothèse.

L'espace supplémentaire à la disposition des porcelets LG (0,33 m^2 *vs* 0,55 m^2 par porcelet) n'a pas eu d'impact sur les performances. Ceci diffère des résultats de l'étude de Wolter *et al*. [2000] qui observent un effet sur les performances mais dans des conditions de surface plus réduites que celles de notre étude (0,10 m^2 à 0,33 m^2 par porcelet). Par ailleurs, il existe souvent une confusion entre l'effet de la surface et le nombre d'animaux par case, rendant difficile l'évaluation de la contribution de chaque paramètre.

Engraissement

Le mode de logement n'affecte pas la consommation d'aliment (en moyenne 2,45 kg par porc et par jour). En revanche, Beattie *et al*. [2000] et Lebret *et al*. [2006] notent que des porcs élevés sur litière ou disposant d'une courette extérieure consomment plus d'aliment que ceux élevés sur caillebotis. A l'inverse, Gaudré [2008] montre que la consommation quotidienne d'aliment par des animaux élevés sur paille est inférieure à celle de porcs conduits sur caillebotis (2,32 kg contre 2,40 kg). Enfin, Laligant *et al*. [2002] n'observent aucune différence de consommation d'aliment entre des animaux élevés sur paille et sur caillebotis. Au cours de notre expérience, le niveau d'abreuvement quotidien est indépendant du mode de logement (5,6 litres par porc et par jour en moyenne) et conforme à celui mesuré par Massabie [2001].

Comparativement aux animaux élevés sur litière, les porcs conduits sur caillebotis sont abattus plus tôt (157 jours contre 161 jours) et présentent un GMQ légèrement supérieur (993 g contre 974 g). Par ailleurs, aucun effet des performances de croissance en post-sevrage sur celles d'engraissement n'est observé. Les porcs SC présentent ainsi un excellent GMQ en engraissement (989 g) malgré une croissance moindre en post-sevrage. Le système d'élevage n'influence pas non plus l'IC. Concernant les performances de croissance, la bibliographie rapporte des résultats différents. Ainsi, Gaudré [2008] observe une dégradation de l'IC (+6,4%) et du GMQ

(-8,3%) chez des porcs élevés sur paille comparativement à des animaux conduits sur caillebotis. Les mêmes tendances sont constatées par Laligant *et al.* [2002] avec une litière de paille et par Texier et Levasseur [2003] avec une litière de sciure. En revanche, Dubois *et al.* [2005] ne montrent aucune différence de GMQ entre des animaux élevés sur paille et sur caillebotis mais constatent une dégradation de l'IC des porcs sur litière, particulièrement en hiver. En revanche, Gill *et al.* [2005] montrent une amélioration du GMQ et de l'IC des porcs conduits sur litière. Enfin, Beattie *et al.* [2000] et Lebret *et al.* [2006] notent que des porcs élevés sur litière disposant d'une courette extérieure présentent des GMQ supérieurs à ceux d'animaux élevés sur caillebotis, le mode d'élevage n'affectant pas l'IC.

La variabilité des écarts de performances rapportée par la bibliographie entre les modes de logement s'explique vraisemblablement par la diversité des conditions expérimentales quant à la surface offerte aux animaux, à la nature et à la quantité de litière, aux modalités de mise en lots, au statut sanitaire des animaux, etc. En effet, contrairement au mode d'élevage sur caillebotis qui est relativement *constant*, l'analyse des protocoles expérimentaux des études citées ci-dessus révèle une conception très diverse des bâtiments sur litière. Certains d'entres eux sont ainsi ouverts alors que d'autres sont totalement fermés. Ils peuvent être équipés ou non d'un système asservi au renouvellement de l'air. L'addition d'un matériau isolant sous les rampants des charpentes n'est pas systématique. Vraisemblablement, les conditions thermiques jouent un rôle important dans la diversité des réponses des animaux aux différents modes de logement dans la mesure où elles influencent leur appétit et l'utilisation de l'énergie des aliments.

Le GMQ des porcs bénéficiant d'une surface plus large (LG : 1001 g) est supérieur à celui des animaux sur paille (PA : 959 g), celui des porcs disposant d'une surface plus restreinte (OP) ou logés sur sol sciure (SC) étant intermédiaire (en moyenne 987 g). En revanche, l'IC n'est pas affecté par les modes de logement, même s'il tend à être meilleur chez les animaux LG (2,47 kg contre 2,51 kg en moyenne). Sur caillebotis, l'effet favorable d'une augmentation de la surface sur les performances est observé par plusieurs auteurs. Massabie et Granier [2003] observent une amélioration de 4,0% à 5,0% du GMQ lorsque la surface par porc augmente de 0,70 m^2 à 0,93 m^2. Courboulay [2005] constate également qu'un accroissement de la surface par porc permet d'améliorer le GMQ de 5,5% (entre 0,68 m^2 à 0,85 m^2) et de 7,7% (entre 0,68 m^2 à 0,97 m^2).

Les porcs recevant des repas rationnés de soupe (SP) consomment 4,4% d'aliment en moins comparés à ceux alimentés à volonté au nourrisseur (NO). Une part importante de cet écart s'explique par un niveau d'alimentation plus faible au cours des 56 premiers jours d'engraissement. Ce résultat est en accord avec ceux de Castaing et Chatelier [1990] et Chatelier [1991]. Ces auteurs observent en effet une diminution de la consommation d'aliment lorsque les porcs reçoivent des repas de soupe après avoir reçu une alimentation sèche au nourrisseur en post-sevrage. Ils l'expliquent par la difficulté des animaux à s'adapter à un mode d'alimentation différent en engraissement. Conformément à ces différences de consommation, les porcs NO présentent un GMQ supérieur de 6,7% à celui des animaux SP. Ce résultat est en accord avec les conclusions de Paboeuf *et al.* [1999] qui indiquent qu'un rationnement équivalent à 10,0% du niveau d'ingestion spontané conduit à une

diminution du GMQ de 7,0%. La baisse de croissance étant du même niveau que l'écart de consommation d'aliment, l'efficacité alimentaire n'est pas affectée par l'intensité du rationnement. Les résultats des études de Chauvel *et al.* [1992], Perdrix et Stoll [1995] et Quiniou *et al.* [1996] vont dans le même sens. Enfin, les performances de croissance sont affectées par le type sexuel. Le GMQ des femelles est inférieur à celui des castrats (960 g contre 1013 g). Pfirter [1989] cité par Levasseur *et al.* [1996], Chauvel *et al.* [1992] et Paboeuf *et al.* [1999] décrivent des résultats similaires.

Le mode d'alimentation n'ayant pas d'effet sur le niveau d'abreuvement journalier, la différence de consommation d'aliment conduit à un taux de dilution moins élevé des rations des porcs NO (NO : 2,2 litres contre SP : 2,4 litres par kg d'aliment). Ceci peut contribuer à expliquer l'écart de besoin en litière relaté précédemment (Section 6.1.1) entre ces deux modes d'alimentation (NO : 72,0 kg contre SP : 117,5 kg par porc et par bande). Sur litière, lorsque les porcs SP ont librement accès à de l'eau en dehors des repas, l'écart est encore plus marqué. Les résultats d'un essai ponctuel conduit sur 86 porcs montrent que dans ces conditions le niveau d'abreuvement augmente de 0,4 litre par porc et par jour. Ceci conduisant à l'accroissement de la vitesse de dégradation de la litière et nécessitant un besoin supplémentaire en paille de 29%.

Les performances de croissance enregistrées au cours de notre expérimentation sont très satisfaisantes. Le GMQ moyen des porcs est ainsi supérieur de 250 g et l'IC plus faible de 0,3 kg par kg comparativement aux références rapportées par les Chambres d'agriculture de Bretagne et l'IFIP [2010]. Ces résultats sont proches de ceux obtenus par Cariolet *et al.* [2000] avec des porcs de race *Large White* EOPS alimentés à volonté (100 kg à 130 jours d'âge en moyenne) ou ceux rapportés par Forestier [1979] au cours des trois années qui ont suivi le peuplement du premier élevage expérimental de *Crécom*.

Ces niveaux élevés de performances ont plusieurs impacts associés. Ils limitent probablement les effets favorables d'une augmentation de la surface offerte aux animaux sur caillebotis. Hacker *et al.* [1994] soulignent en effet que l'accroissement de la surface est d'autant plus bénéfique que le niveau des performances des animaux est faible. Par ailleurs, même si la quantité de litière apportée par animal en engraissement est conforme à la bibliographie (SC : 45,4 kg et PA : 94,8 kg), les besoins quotidiens en paille et en sciure se situent parmi les valeurs hautes. Dans notre expérience, le rythme de renouvellement de la litière est en effet plus fréquent que dans la plupart des études évoquées, l'apport ayant été dicté uniquement par l'état du sol.

L'épaisseur de gras dorsal G2 des porcs sur litière est supérieure de 5,9% à celui des animaux sur caillebotis. Elle accompagne un Taux de Muscle des Pièces (TMP) et une plus value technique plus faible (TMP : -5,9% et plus value : -8,1%). Ces observations rejoignent celles de Betties *et al.* [2000], Lebret *et al.* [2006], Laligant *et al.* [2002] et Gaudré [2008]. En revanche, les résultats des travaux de van der Wal *et al.* [1993] et de Lebret *et al.* [2002] montrent que l'adiposité des carcasses des porcs élevés sur paille et bénéficiant d'un accès extérieur n'est pas différente de celle d'animaux conduits sur caillebotis. Enfin, intra-système, le mode de logement conditionne les caractéristiques des carcasses. Lorsque l'on

compare les 4 modalités d'élevage, les porcs disposant d'une surface réduite sur caillebotis (OP) présentent le TMP le plus élevé (59,7% contre 59,1%). L'ajustement du modèle d'analyse de variance avec le poids d'abattage ne permet pas d'expliquer la totalité de cet écart. Cependant, une analyse complémentaire des données montre un effet marqué du poids d'abattage des castrats à l'occasion du premier et du deuxième départ à l'abattoir sur le TMP et la plus value technique. Les castrats LG sont abattus plus lourds que les castrats OP, impactant négativement la valeur moyenne des carcasses.

Les caractéristiques des carcasses dépendent du type sexuel, conformément aux résultats rapportés par Fuller [1985] et Paboeuf *et al.* [1999]. Pour un poids d'abattage équivalent (120,5 kg), les épaisseurs de lard dorsal G1 et G2 des castrats sont supérieures à celles des femelles (G1 : 18,8 mm contre 16,4 mm ; G2 : 17,2 mm contre 14,3 mm) alors que l'inverse est observé pour l'épaisseur de muscle M2 (58,7 mm contre 60,0 mm). Les écarts d'épaisseurs de lard, de muscle, de TMP et de plus value technique entre les castrats et des femelles sont moins marqués chez les animaux SP que chez les porcs NO. Ces résultats rejoignent ceux de Davies *et al.* [1980], Bourdon et Henry [1991], Quiniou *et al.* [1996] et Paboeuf *et al.* [1999] qui montrent un accroissement plus rapide des dépôts adipeux lorsque le niveau d'alimentation augmente, en particulier chez les castrats. Il s'en suit une diminution du TMP. En revanche, une alimentation libérale a un effet moins prononcé sur les caractéristiques des carcasses des femelles.

La distribution de repas de soupe permet d'améliorer le TMP et la valeur économique des carcasses. Cependant, l'ajustement du modèle d'analyse de variance par le poids d'abattage annule cet effet. Les porcs SP sont manifestement alimentés de façon libérale en fin d'engraissement, la quantité d'aliment distribuée quotidiennement étant proche de l'ingéré spontané des animaux NO (3,0 kg d'aliment). Au final, quel que soit le mode d'alimentation, la plus value technique des castrats (8,7 centimes par kg de carcasse) et des femelles (12,8 centimes d'euros) est inférieure à celle rapportée par UNIPORC [2008] (castrat : 9,9 centimes ; femelle : 14,4 centimes d'euros par kg de carcasse). Un nouveau compromis est donc à rechercher entre les performances de croissance et de carcasse.

Compte tenu de la vitesse de croissance élevée des animaux, il apparaît que la conduite alimentaire et que les modalités d'envoi des porcs à l'abattoir doivent être réadaptées. En particulier, il faudra intégrer le poids d'abattage dans la définition des nouvelles règles puisqu'il est relativement élevé au cours de notre expérience (120 kg en moyenne, 123 kg pour les porcs NO).

6.1.4 Comportement des animaux

Comportement des truies en gestation

La fourniture d'un substrat manipulable aux truies du système *Litière* (LI) atténue les effets de la frustration alimentaire et réduit la fréquence des stéréotypies comparativement aux animaux du système *Caillebotis* (CI) (LI : 54,6% contre CI : 78,7% des relevés). Nos résultats sont en accord avec ceux de Durrell *et al.*, [1997], Jensen *et al.*, [2000] et De Leeuw et Ekkel [2004]. On constate cependant, indépendamment du système d'élevage, une proportion relativement élevée de

truies exprimant des actes stéréotypés. Le faible état d'engraissement des truies au sevrage (12,7 mm) évoqué à la section 6.1.2 et le niveau d'alimentation restreint en gestation (2,7 kg d'aliment par jour) pourraient contribuer à expliquer ce résultat. En effet, Cariolet [1996] montre une relation inverse entre la fréquence des stéréotypies et l'état d'embonpoint des truies. Par ailleurs, les travaux portant sur l'enrichissement en fibres des aliments de gestation soulignent l'influence favorable d'une augmentation du niveau d'alimentation sur l'expression de stéréotypies [Ramonet, 1999].

La conduite en petits groupes dans des cases équipées de réfectoires (RC), associée à la présence de litière, influencent le comportement des truies en augmentant les activités de fouissage et de mâchonnement de paille. Les apports réguliers de paille fraîche favorisent probablement ces deux activités, exacerbant ainsi le besoin en litière. Sur caillebotis, en dehors des actes de mâchonnement à vide et de succion sans support, l'activité des animaux RC est principalement dirigée vers les auges, les barreaux des réfectoires et des barrières. Ces éléments présents dans l'environnement favorisent la diversité du répertoire des actes stéréotypés. Concernant les truies DAC du système *Litière*, leur activité est dirigée vers la paille mais de façon moins marquée que les truies RC. Ceci pourrait être lié au renouvellement moins fréquent de la litière. Enfin, les animaux DAC du système *Caillebotis* expriment, en plus des mâchonnements à vide et des succion, une activité prononcée de léchage du sol. Leur environnement est moins stimulant que celui des truies RC, limitant ainsi la diversité des actes stéréotypés. Ces résultats rejoignent ceux de Vieuille-Thomas *et al.* (1995) et Besttie *et al.* [1996] qui soulignent l'impact du mode de logement et des équipements présents dans l'environnement de l'animal sur leurs comportements. Il convient de signaler que les observations comportementales ont été réalisées sur les truies RC après la consommation d'un repas d'aliment et d'eau, tandis qu'une petite partie seulement des truies DAC avait eu accès à leur ration au moment des observations. Une observation sur l'ensemble du nycthémère serait donc nécessaire pour caractériser de manière exhaustive les deux modes de logement et d'alimentation.

Les truies logées sur litière sont moins fréquemment blessées que celles logées sur caillebotis (LI : 54,8% contre CI : 62,7% des relevés, variable *Corps* : truie présentant au moins une blessure sur l'oreille, l'avant, le flanc ou l'arrière train). Ces résultats confirment [van Putten et van der Burgwal, 1990] ou infirment [Tuytten, 2005] ceux de la bibliographie. Concernant le mode de logement et d'alimentation, les truies RC sont moins souvent blessées que les truies DAC (RC : 39,3% contre DAC : 78,2% des relevés, variable *Corps*), l'intensité des lésions étant également moindre (RC : 1,8/12 contre DAC : 2,5/12, variable *Corps*). Les réfectoires fermés limitent les relations agressives pendant les repas. Ils servent de zone de retrait aux attaques et apportent une meilleure protection aux animaux. Inversement, si le recours aux distributeurs automatiques d'aliment protège la truie pendant qu'elle s'alimente, ce système favorise l'attente à l'entrée de l'automate et encourage les interactions agonistiques et les morsures de la vulve. Ces comportements d'attente suggèrent le caractère défavorable d'un seul accès à l'alimentation. Ces résultats sont en accord avec ceux de van Putten et van der Burgwal [1990], Spoolder *et al.* [1997], Barnett *et al.* [2001] et Stalder *et al.* [2007]. Par ailleurs, l'absence de cloisons pleines dans les cases des truies DAC favorise la promiscuité et donc les agressions entre les animaux. L'agressivité est

d'autant plus importante que les truies n'ont aucune possibilité de retrait et que la distante de fuite est restreinte, ce qui est particulièrement le cas pour les truies DAC du système *Caillebotis*. Ces problèmes pourraient être résolus en partie par un démarrage du cycle alimentaire en phase nocturne [Jensen *et al.*, 2000] et l'installation de cloisons permettant aux animaux de s'adosser et de s'isoler. La constitution de groupes de plus grande taille associée à la mise à disposition simultanée de plusieurs DAC pourraient aussi être envisagées. Enfin, un renouvellement plus fréquent de la litière offerte aux truies DAC pourrait favoriser l'activité de fouissage et de mâchonnement de paille, limitant ainsi la réorientation des comportements d'investigations vers les congénères du groupe.

En accord avec la bibliographie, la présence de blessures est plus fréquente en début qu'en milieu et en fin de gestation (70,1% contre 50,1% des relevés, variable *Corps*). Il en est de même pour leur gravité (2,8/12 contre 1,8/12, variable *Corps*). Le regroupement de femelles non familières après la saillie engendre des combats responsables de blessures [Barnett *et al.*, 1992]. Le temps nécessaire à la mise en place d'une structure sociale stable variant de trois jours [Oldigs *et al.*, 1992] à 10 jours [van Putten et van der Burgwal, 1990], la fréquence des lésions et leurs gravités diminuent pendant la gestation, conformément aux résultats de notre expérience.

Sur la période d'observation, la position debout et immobile est largement représentée (69,9% des relevés). Ces résultats sont en désaccord avec ceux de Cariolet [1991] qui souligne la brièveté de la durée de cette phase mais chez des truies bloquées en gestation. Lorsque les truies sont couchées, la présence de réfectoires constitue une zone de repos privilégiée, tout particulièrement lorsque les truies sont logées sur caillebotis (75,3% des truies sont couchées dans un réfectoire). L'aire d'exercice n'offrant pas suffisamment de surface à tous les animaux pour qu'ils puissent s'allonger aisément, ce mode de logement favorise les contacts entre les truies qui trouvent dans le réfectoire la possibilité de s'isoler et des supports verticaux qui leur permettent de se coucher plus aisément.

Pour les truies logées sur litière, les apports réguliers de paille fraîche semblent stimuler l'activité d'investigation (RC : 39,5% contre DAC : 29,0% des relevés), augmentant ainsi le pourcentage d'animaux en station debout (RC : 81,3% contre DAC : 65,3% des relevés). En revanche, bien qu'elles soient logées dans un environnement peu stimulant, l'activité d'investigations des truies DAC du système *Caillebotis* est favorisée (DAC : 39,2% contre RC : 17,3% de relevés) et pourrait être l'expression d'un certain ennui.

Les troubles locomoteurs sont moins marqués sur litière que sur caillebotis (0,6% des relevés contre 14,4% des relevés). Cette observation rejoint les résultats de Andersen et Boe [1999] cités par Meunier-Salaün *et al.* [2002]. Ces auteurs montrent une réduction de la fréquence de démarches anormales dans des groupes de truies élevées sur un sol paillé par rapport à des groupes conduits sur caillebotis. Dans notre étude, les claudications sont particulièrement marquées chez les truies DAC du système *Caillebotis* (89,3% des relevés contre en moyenne 1,3% pour les autres modalités d'élevage). Leur niveau d'abreuvement est également en retrait de 1,0 litre par rapport aux truies DAC du système *Litière* (7,6 litres contre 8,6 litres par truie et par jour). Madec [1985] invoque des troubles

locomoteurs comme l'un des facteurs explicatifs des différences de consommation d'eau. Les résultats de notre expérimentation tendent à confirmer cette hypothèse.

Comportement des porcs charcutiers élevés sur paille

La distribution de repas de soupe et le rationnement alimentaire modifient le comportement des animaux élevés sur paille, en particulier en augmentant les déplacements et les activités de fouissage. Comparativement aux porcs alimentés au nourrisseur (NO), les animaux recevant des repas de soupe (SP) sont moins souvent en position couchée (43,1% contre 62,5% des relevés) et lorsqu'ils sont debout, ils sont plus fréquemment en déplacement (13,1% contre 4,1% des relevés) et présentent une activité de fouissage plus intense (6,4% contre 1,6% des relevés). Ces résultats ne confirment pas ceux de Gill *et al.* [2005] qui n'observent pas de différence de comportement entre deux groupes de porcs charcutiers élevés sur litière alimentés à sec au nourrisseur ou sous forme humide, mais d'une façon libérale. Les différences de comportements observées entre les deux modes d'alimentation, en particulier un temps de couchage plus important et une activité de fouissage moindre, pourraient être à l'origine d'une dégradation moins rapide de la litière et du besoin en paille plus faible des porcs alimentés au nourrisseur (NO : 72,0 kg contre SP : 117,5 kg par porc et par bande).

Quel que soit le mode d'alimentation, la position couchée est la plus fréquente. Des observations similaires sont rapportées par Ducreux *et al.* [2002] qui notent que les animaux passent en moyenne 70% du temps à dormir. Le comportement des porcs charcutiers évolue également avec leur âge. Les animaux sont plus souvent en position couchée en fin d'engraissement, particulièrement chez les porcs alimentés au nourrisseur. Cela suggère une relation positive entre la satisfaction alimentaire et le niveau d'activité physique. Notre hypothèse est confirmée par Ramonet *et al.* [1998].

6.1.5 Santé des animaux

Les truies élevées en grand groupe sur caillebotis dans une case équipée d'un automate de distribution d'aliment (DAC) révèlent des troubles urinaires plus fréquents que celles des trois autres modalités d'élevage (16,0% des truies contre en moyenne 4,0%). Les truies DAC sur caillebotis reçoivent également plus fréquemment un traitement thérapeutique destiné à pallier des troubles locomoteurs en gestation (10,2% des truies contre en moyenne 0,5%). Ces observations rejoignent celles concernant le niveau d'abreuvement et la fréquence des claudications évoquée précédemment (Section 6.1.4). Elles sont à rapprocher des conclusions de Madec [1985] qui indiquent qu'un faible niveau d'abreuvement et une activité physique insuffisante ont des conséquences délétères sur la fréquence de vidange de la vessie et la concentration des urines. Cet auteur considère qu'il s'agit là de deux facteurs de risque majeurs de la pathologie des voies urinaires. Toutefois, bien que les truies DAC du système *Litière* aient un niveau d'abreuvement quotidien réduit (8,6 litres), elles présentent peu de troubles locomoteur et urinaire ce qui semble indiquer que d'autres éléments que l'abreuvement soient aussi à considérer, la paille pouvant également jouer un rôle régulateur.

Le pourcentage de pertes de porcelets au cours de la lactation est plus faible sur litière (LI) que sur caillebotis (CI), l'écart entre les deux systèmes d'élevage s'expliquant par la fréquence des mortalités due à des écrasements (LI : 3,1% contre CI : 5,4% des porcelets). Nous avons vu précédemment que, selon le système d'élevage, paille *vs* caillebotis, le mode de logement et d'alimentation affecte de manière opposée les performances des truies et de leurs portées. Il en est de même pour les interventions thérapeutiques pendant la lactation (administration d'un tranquillisant à la mise bas, d'anti-infectieux et d'antibiotiques aux truies et aux porcelets). Ainsi, lorsque les truies sont élevées en gestation sur litière, ces interventions sont moins fréquentes chez les truies DAC comparativement aux truies RC alors que l'inverse est observé sur caillebotis. Le même constat peut être fait pour la proportion de truies présentant des tétines lésées au moment du sevrage et le pourcentage de repas non consommé en totalité en lactation.

Cet effet du mode de logement et d'alimentation sur les performances de lactation de même que les observations cliniques pourraient être le résultat d'un stress spécifique. Les truies RC du système *Litière* présentent en gestation une activité marquée orientée vers la paille. L'impossibilité de fouir et de mâchonner de la litière en maternité pourrait engendrer chez ces animaux une frustration supérieure et ceci d'autant plus que ces activités sont exacerbées avant la parturition [Meunier-Salaün *et al.*, 2002], en relation avec le comportement de nidification. De la même manière, les résultats zootechniques et comportementaux montrent clairement que les conditions de logement en gestation des truies DAC du système *Caillebotis* ne sont pas optimales ce qui pourraient également accroître le stress au moment de la mise bas. Si ces hypothèses se vérifient, cela indiquerait la nécessité d'assurer une meilleure cohérence entre les conditions de logement en gestation, en phase peri-partum et en lactation.

Le mode d'élevage n'affecte pas le taux mortalité des animaux en post-sevrage et en engraissement, même si le pourcentage de pertes apparaît légèrement supérieur en post-sevrage chez les animaux élevés sur sol sciure (SC) (1,31% contre en moyenne 0,41%). Nous avons évoqué précédemment un possible effet des conditions thermiques sur les performances des porcelets SC qui pourrait également affecter ce critère technique (Section 6.1.3). En moyenne, l'augmentation de l'effectif par case et le *mélange* d'animaux de portées différentes dans le système *Litière* n'ont pas eu d'impact sur le taux de mortalité, à l'inverse de ce qu'observaient McGlone et Newby [1994]. Ces auteurs notaient en effet une augmentation de la mortalité et de la morbidité lorsque l'effectif par case passait de 12 à 42 porcs. Les travaux de Wolter *et al.* [2000] suggèrent quant à eux une difficulté accrue à identifier les problèmes de santé et à appliquer les traitements vétérinaires adéquats dans des groupes d'animaux de taille importante. Cette hypothèse permettrait d'expliquer les résultats contradictoires rapportés dans notre expérience entre la fréquence des interventions thérapeutiques sur les animaux en croissance et le pourcentage de saisies à l'abattoir pour des troubles articulaires. Enfin, le taux de mortalité des porcelets qui sont transférés dans des élevages extérieurs est particulièrement élevé (entre 25% et 30% contre en moyenne 2,1% intra-élevage). Ce résultat suscite des interrogations quant à la capacité des porcelets issus du dispositif expérimental à s'adapter à des environnements *a priori* moins favorables à l'expression de leurs performances.

En engraissement, les pertes par entérotoxémie sont plus faibles chez les animaux élevés sur litière (LI : 9,9 % contre CI : 26,8% des causes de mortalité). C'est encore plus vrai pour ceux élevés sur paille puisque dans ce cas cette cause de perte ne représente plus que 5,4% du total, contre en moyenne 22,6% pour les trois autres modalités. La fréquence des pertes par entérotoxémies ou des prolapsus rectaux est également moins élevée chez les animaux recevant des repas de soupe que ceux alimentés au nourisseur (entérotoxémie : 12,5% contre 22,7% des causes de mortalité ; prolapsus rectaux : 0,0% contre 0,23% des animaux). Ces résultats suggèrent un effet positif de la paille et/ou de la distribution de repas de soupe sur ces causes de mortalité ou d'isolement des porcs.

Malgré le portage par les truies du circovirus de type 2 lors du peuplement du dispositif expérimental en janvier 2006, aucun symptôme de Maladie d'Amaigrissement des Porcelets (MAP) n'a été observé au cours de notre expérimentation. A l'issue de l'essai réalisé dans les animaleries de l'ANSES et hormis pour Campylobacter coli, tous les porcs provenant de l'élevage, de même que les animaux Exempts d'Organismes Pathogènes Spécifiques (EOPS) mis en contact, sont restés séronégatifs vis-à-vis de mycoplasma hyopneumoniae, d'actinobacillus pleuropneumoniae, de lawsonia intracellularis, de salmonella typhimirium, de listeria monocytogenes, du parvovirus, du SDRP et du circovirus type 2. Les observations nécroscopiques ne révèlent également aucune lésion des viscères des animaux. Les résultats des travaux de Larour *et al*. [2008] portant sur la pathologie respiratoire de porcs issus du même dispositif expérimental viennent conforter ces résultats. Ils montrent que les animaux des deux systèmes d'élevage sont restés indemnes de Mycoplasma hyopneumoniae et d'Haemophilus parasuis, les contrôles à l'abattoir montrant par ailleurs de très faibles lésions de pneumonie et sur un pourcentage très limité d'animaux. Ces résultats confirment l'absence de dérive sanitaire du dispositif expérimental. Ils démontrent l'efficacité des *règles de décisions* relatives à la maîtrise de l'état de santé des reproducteurs et au respect des règles de biosécurité. Ces règles ont permis de limiter l'introduction des contaminants. Les résultats des travaux de Casal *et al*. [2002] vont dans le même sens. Ces auteurs montrent que le statut sanitaire des animaux introduits dans un élevage et la circulation intempestive et sans précaution des personnes sont les principaux vecteurs de contaminations microbiennes.

Le statut sanitaire contribue à expliquer les très bonnes performances d'engraissement des animaux (GMQ : 983 g et IC : 2,50 kg par kg) et le faible usage de produits vétérinaires. Aucune supplémentation en antibiotiques n'est réalisée en post-sevrage, ni en engraissement, et les vaccinations sont réduites au strict minimum. Au final, les dépenses de santé sont inférieures aux références rapportées par les Chambres d'agriculture de Bretagne [2010] : 3,08 euros contre 5,69 euros pour 100 kg de carcasse. En dépit de ces constats favorables, le suivi sanitaire des animaux des deux systèmes d'élevage révèle quelques phénomènes inexpliqués.

D'une part, les investigations déployées pour expliquer les deux épisodes de mortalité enregistrés sur les truies des deux unités au début de l'année 2008 se sont révélées décevantes. D'autre part, les interventions thérapeutiques sur les truies à la suite d'épisodes d'hyperthermie restent fréquentes en maternité. Il en

résulte que les dépenses de santé liées aux truies ne sont pas en rapport avec leur statut sanitaire et les conditions de logement. Ainsi, les coûts relatifs à l'usage d'anti-inflammatoires et d'anti-infectieux sont proches de ceux rapportés pour les élevages conventionnels par les Chambres d'agriculture de Bretagne [2010] (0,90 euro contre 0,95 euro pour 100 kg de carcasse). Concernant l'utilisation d'hormones, la charge est même supérieure (1,22 euros contre 0,44 euro pour 100 kg de carcasse). Bien que toutes les cochettes et les truies sevrées prématurément reçoivent un traitement hormonal pour la synchronisation des oestrus, cette pratique ne permet pas d'expliquer à elle seule cette situation. Les écoulements mucopurulants après la mise bas sont communs et les traitements hormonaux autour de la parturition sont systématiques. Malgré ces pratiques qui devraient prévenir des problèmes ultérieurs de reproduction et qui vont à l'encontre des *règles de décisions* établies lors du prototypage du dispositif, les performances de fécondité restent d'un niveau modeste (Section 6.1.2). D'autres auteurs rapportent, sur des unités assainies, certains symptômes assez proches de ceux que nous observons. Cariolet *et al*. [1986 et 1994] constatent, au cours de la troisième année qui a suivi le peuplement de l'unité protégée de l'ANSES, une élévation de la température rectale des truies et de la fréquence d'anorexie et d'écoulements vulvaires en période de lactation. Forestier [1979] observe également durant les trois années qui ont suivi le peuplement du premier élevage expérimental de *Crécom* un pourcentage anormalement élevé de truies non gravides à l'entrée en maternité en dépit de leur mise à la reproduction.

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ces constats. D'une part, comme le soulignent Cariolet *et al*. [1994], un nouvel élevage atteint l'équilibre sanitaire seulement 3 à 4 années après son peuplement. Les problèmes inexpliqués à ce jour et observés au cours de notre expérience seraient alors la traduction d'une instabilité sanitaire et/ou immunitaire liée à l'augmentation progressive de l'effectif d'animaux et de l'âge des truies. D'autre part, la conduite des salles de gestation en tout plein/tout vide, avec lavage complet et désinfection systématique, permet d'abaisser la pression des contaminants dans l'environnement, sans pour cela les éliminer complètement. Cette pratique pourrait favoriser l'émergence de certains germes, mêmes insignifiants, qui s'avéreraient problématiques lorsque leur développement n'est plus freiné par d'autres. En limitant les contacts entre les truies des différentes bandes, la conduite pratiquée pourrait aussi ralentir l'homogénéisation du statut sanitaire des animaux. Cela, associé à l'absence de confrontation d'animaux de stades physiologiques différents, pourrait alors générer au sein de chaque système, trois statuts sanitaires différents pouvant être une source d'instabilité. Il est clair que ces différentes hypothèses vont à l'encontre du choix stratégique relatif au cloisonnement des salles de gestation par stade physiologique décidé à l'occasion du prototypage du dispositif expérimental.

Les animaux EOPS mis en contact avec des porcs issus du système *Litière* présentent des performances de croissance légèrement plus faibles et certains ont dû être euthanasiés au cours du test. Des lésions des reins et du tractus digestif sont observées, mais les analyses de tissus ne permettent pas d'identifier de contaminants pathogènes connus et/ou pouvant être à l'origine des troubles. La confrontation d'animaux présentant des équilibres de flore digestives différents

pourrait expliquer ces écarts de performances et les symptômes cliniques constatés [Cariolet *et al.*, 2010].

Les pertes de truies enregistrées au cours du premier trimestre 2008 ont eu lieu dans un premier temps sur litière puis peu de temps après sur caillebotis. Conjointement, le niveau de consommation des porcs en engraissement a diminué et le pourcentage de porcelets momifiés a augmenté. Les résultats des autopsies réalisés à cette occasion sur les truies et les porcs en croissance présentent de nombreuses similitudes. Ces constats tendent à montrer la possible transmission d'un agent contaminant entre la truie, ses porcelets et les porcs en croissance. Malgré la mise en œuvre de règles sévères d'hygiène et de conduite, des interférences inter-système et intra-système ont donc existé. Le contaminant responsable de ces troubles pourrait provenir des animaux de renouvellement dont l'origine est identique pour les deux unités, ce qui expliquerait l'apparition quasi concomitante des troubles dans les deux systèmes.

6.1.6 Production d'effluents

Eau de lavage

Le besoin annuel en eau pour le lavage des salles lors des vides sanitaires est le même pour tous les systèmes d'élevage (en moyenne 3,7 m^3 par truie et sa suite). En revanche, il est influencé par le mode de logement et d'alimentation. Il augmente avec la surface offerte aux animaux en post-sevrage et en engraissement (OP : 89 litres et LG : 121 litres par porcs et par bande) et avec la multiplication des équipements à nettoyer dans les salles (DAC : 115 litres et RC : 321 litres par truie et par bande). Les quantités d'eau utilisées pour laver les modules sur caillebotis sont supérieures à celles observées par Latimier *et al*. [1996a] de 54,2% en gestation, de 60,4% en maternité, de 56,9% en post-sevrage et de 43,8% en engraissement. Le nettoyage intégral de toutes les cellules, pré-fosses comprises, permet d'expliquer ces différences.

Malgré un niveau d'abreuvement réduit, le besoin total en eau (22,5 m^3 par truie et sa suite et par an) est proche de celui calculé par Latimier *al*. [1996a] pour un élevage sur caillebotis (22,8 m^3 par truie et sa suite). Au cours de notre expérience et compte tenu des règles d'hygiène appliquées, la part des eaux de lavage représente 16,4% besoin total en eau contre 7,3% pour ces auteurs. La réduction du niveau d'abreuvement compense donc l'augmentation de la consommation d'eau pour le nettoyage. A ces volumes, il convient de rajouter ceux nécessaires à l'évacuation des lisiers des collecteurs qui seront évoqués ci-après et au lavage régulier des locaux techniques, des couloirs de circulation du personnel et des animaux (LI : 1,2 m^3 et CI : 2,2 m^3 par truie et sa suite et par an).

Concernant le système *Caillebotis*, ces eaux de lavage accroissent la dilution des éléments fertilisants lorsque les équipements de collecte ne permettent pas de gérer ce flux indépendamment de celui du lisier. Ces eaux sont peu chargées. Leur ré-utilisation, après un traitement, permettrait de rendre les systèmes plus autonomes. Elles pourraient aussi être utilisées pour l'irrigation.

Gestion des fumiers

Le mode de logement et d'alimentation des truies en gestation affecte le rythme de curage du fumier (DAC : 1,2 curages contre RC : 3,3 curages par bande) et la production de fumier. Elle est moindre pour la modalité DAC que RC (DAC : 635 kg contre RC : 1048 kg par truie et par bande). Il existe peu de références concernant la quantité de fumier produite par les truies en gestation. Texier [2001] souligne que cette production dépend largement des quantités de paille apportées.

Le rapport fumier/litière est plus faible pour la modalité DAC (DAC : 3,4 contre RC : 3,7) et la teneur en matière sèche est supérieure (DAC : 26,4% contre RC : 23,0%). Ces résultats traduisent la dégradation plus rapide de la litière des animaux lorsqu'ils sont élevés en petits groupes dans des cases équipées de réfectoires (RC) comparativement à celle des truies conduites en grand groupe dans une case munie d'un automate de distribution d'aliment (DAC). Toutefois, l'écart de teneur en matière sèche entre les fumiers des truies DAC et RC est modéré, soulignant l'excellente réactivité des techniciens en charge du suivi du dispositif quant à l'apport de paille et au curage du fumier lorsque la litière est détériorée.

En post-sevrage, la production de fumier est comprise entre 22 kg (SC) et 28 kg (PA). Le rapport fumier/litière est de 3,3. Il est supérieur à celui observé par Dubois *et al.* [2005] (3,0) qui rapportent une production de fumier de 36 kg par porcelet et par bande pour un apport de 12 kg de paille par animal. Texier *et al.* [1997] mesurent également une quantité de fumier pailleux supérieure à celle de notre expérience (40,0 kg par porcelet et par bande) et une teneur en matière sèche inférieure (29,0% contre 37,7%). Dans notre essai, les fumiers produits par les porcelets élevés sur paille (PA) mais aussi par les animaux conduits sur sol sciure (SC : 44,2%) sont particulièrement secs. La litière se dégrade donc très peu. Pour rendre les itinéraires techniques plus autonomes et économes, cette litière pourrait être réutilisée en engraissement, au lieu d'être évacuée sur la plate-forme de compostage à l'issue de la phase d'élevage. Elle pourrait également être utilisée pour le traitement des lisiers par compostage.

De même que les apports de paille, le mode d'alimentation en engraissement affecte la production de fumier qui varie entre 205 kg (NO) et 320 kg (SP) par porc et par bande. Le rapport fumier/paille est compris entre 2,7 et 2,8. Lorsque les porcs sont alimentés au nourrisseur, la production de fumier est proche de la valeur rapportée dans la synthèse du Corpen [2003] (202 ± 52 kg). Pour les porcs recevant des repas de soupe, elle se rapproche de celle citée par Dubois *et al.* [2005] (282 kg par porc et par bande). Texier [2001] observe des quantités de fumier variant du simple au double (154 kg à 326 kg par porc produit) et explique ces variations par un effet de la fréquence de paillage et de la durée d'engraissement. Dubois *et al.* [2005] observent un rapport fumier/paille de 3,0 en engraissement. Il est proche de celui mesuré dans notre expérience. La teneur en matière sèche du fumier produit par les porcs charcutiers alimentés au nourrisseur (40,4%) est supérieure à celle rapportée par Texier [2001] (31,0%), par le Corpen [2003] (30,5 %) et par Dubois *et al.* [2005] (29,3%). En revanche, le fumier des porcs recevant des repas de soupe présente une teneur en matière sèche plus faible (29,2%) et conforme avec celle observée par ces différents auteurs.

Concernant les litières de sciure, le mode d'alimentation conditionne la production de fumier. Elle varie entre 133 kg pour les porcs alimentés au nourrisseur (NO) et 309 kg pour ceux recevant des repas de soupe (SP) et augmente avec la quantité de sciure apportée. Le rapport fumier/sciure est compris entre 4,8 (SP) et 5,0 (NO). Ramonet et Robin [2002] observent un rapport fumier/sciure de 5,1, proche de celui que nous observons avec 184 kg de fumier pour 36 kg de sciure par porc et par bande. En revanche, Texier *et al*. [2004] constatent un ratio plus faible (4,0) avec 186 kg de fumier et 46 kg de sciure par porc et par bande. Les fumiers produits par les porcs élevés sur sol sciure ont des teneurs en matière sèche comprises entre 30,3% (SP) et 40,6% (NO), soit des valeurs assez proches de celles rapportées par Ramonet et Robin [2002] (33,7%), le Corpen [2003] (37,5 $\pm$ 6,3%), Texier et Levasseur [2003] (44,8%) et Texier *et al*. [2004] (33,6%).

En moyenne, le mode d'alimentation n'affecte pas le rapport fumier/litière des deux types de litière mais influence les caractéristiques physiques du fumier. L'écart de 10,8% de teneur en matière sèche entre les fumiers des porcs NO (40,5% de matière sèche) et SP (29,8%) souligne qu'il est plus difficile de maintenir la litière dans un état satisfaisant lorsque les animaux reçoivent des repas rationnés de soupe. Même si la dilution des rations des porcs NO est inférieure à celle des rations SP (NO : 2,2 litres contre SP : 2,4 litres d'eau par kg d'aliment), ceci ne permet pas d'expliquer la totalité des écarts observés, suggérant ainsi l'existence de possibles différences dans le fonctionnement des litières qui affecteraient la production de chaleur et l'évaporation de l'eau. L'analyse des amplitudes ambiantes de température tend à confirmer cette hypothèse puisque ces dernières sont plus élevées dans les salles SP (4,1°C) que dans les salles NO (3,7°C). Les différences de comportement entre les animaux NO et SP rapportées précédemment (Section 6.1.4) pourraient être à l'origine de ces phénomènes. L'accroissement du temps couché limite les déperditions calorifiques des litières et favorise ainsi leur montée en température [Corpen, 2003].

Finalement, sur l'ensemble de l'élevage, le mode de logement et d'alimentation des animaux affecte de manière très significative la production de fumier. Sur paille, elle varie entre 6,8 tonnes et 10,1 tonnes par truie et sa suite et par an et sur sol sciure elle varie entre 3,5 tonnes et 7,4 tonnes.

Gestion des lisiers

Le volume de lisier produit quotidiennement par les truies en gestation (6,0 litres par truie) est très inférieur à celui observé par Latimier *et al*. [1996a] (16,1 litres), Levasseur et Texier [2001] (21,2 litres) mais avec des niveaux d'abreuvement différents. Dans notre expérience, une truie ingère quotidiennement 10,3 litres d'eau en moyenne contre plus de 16,0 litres dans les deux études mentionnées ci-dessus. Le lisier présente ainsi une teneur en matière sèche supérieure (+78% en moyenne).

Le volume de lisier produit par jour par les truies DAC (4,7 litres par truie) est inférieur à celui produit par les animaux RC (7,3 litres) et sa teneur en matière sèche est supérieure (DAC : 12,2% et RC : 9,0%). Ces écarts de volume (35,6%) et de teneur en matière sèche (35,5%) sont proportionnels à la différence de taux de dilution des rations (34,9%).

En maternité, une truie et ses porcelets produisent en moyenne 23,6 litres de lisier par jour. Le volume n'est pas influencé par le système d'élevage, ce qui est logique puisque le mode de logement et d'alimentation ne diffère pas à ce stade (Section 4.2.3) et les quantités d'eau distribuées aux animaux sont équivalentes. Des volumes de déjection inférieurs (14,5 litres par jour ; Latimier *et al.*, 1996a) et supérieurs (40,6 litres par jour ; Levasseur et Texier, 2001) sont rapportés dans la bibliographie mais avec des niveaux d'abreuvement tout à fait différents avec ceux de notre étude.

En post-sevrage, un porcelet produit quotidiennement 1,0 litre de lisier en moyenne. Des volumes plus importants sont observés par Latimier *et al.* [1996b] (1,3 litres), Dumortier *et al.* [1996], (2,0 litres) et Levasseur et Texier [2001] (1,3 litres). Logiquement, la teneur moyenne en matière sèche du lisier est supérieure à celle constatée par ces auteurs (+23,7% en moyenne).

La production quotidienne de lisier par les porcs charcutiers (2,7 litres par porc) est inférieure à celle rapportée par Granier et Texier [1993], Chauvel et Granier [1994], Latimier *et al.* [1996b] et Levasseur et Texier [2001] (3,5 litres par porc en moyenne) mais avec un taux de dilution de l'aliment plus élevé que dans notre étude (2,8 litres par kg d'aliment contre en moyenne 2,3 litres). La teneur en matière sèche du lisier est en moyenne supérieure de 46,0% à celle mentionnée par Latimier *et al.* [1996b] et Levasseur et Texier [2001].

En plus des écarts de taux de dilution des rations, les modalités de gestion des lisiers dans les salles expliquent vraisemblablement les différences des volumes produits entre notre expérimentation et la bibliographie. Ainsi, dans la plupart des études, les déjections sont stockées sous les caillebotis pendant toute la période d'élevage. Elles sont quantifiées en fin de cycle de production. Dans le cas présent, le lisier séjourne peu de temps au fond des pré-fosses des salles de pré-troupeau, de gestation et d'engraissement. Il est évacué quotidiennement par un système de raclage à plat vers un collecteur. Le système de ventilation entraîne une circulation de l'air sous les caillebotis, au-dessus d'une épaisseur réduite de déjection, favorisant ainsi probablement l'évaporation du liquide du lisier. Cette circulation de l'air sous les caillebotis pourrait être exacerbée par les bonnes conditions thermiques (Section 6.1.1), amplifiant ainsi ce phénomène d'évaporation. Le volume relativement plus important de lisier produit par les porcelets dans les salles de post-sevrage qui ne sont pas équipées de système de raclage à plat des déjections tend à conforter notre hypothèse.

Les porcs disposant d'une surface large (LG) génèrent moins de lisier que ceux bénéficiant d'une surface plus restreinte (OP) (-16,9%) et la teneur en matière sèche des déjections est plus élevée (+6,3%). Le phénomène d'évaporation de l'eau évoqué précédemment pourrait être amplifié par l'accroissement de la surface offerte aux animaux, la surface de raclage étant augmentée proportionnellement. La production de lisier est moindre chez les porcs alimentés au nourrisseur (NO) comparativement à ceux recevant des repas rationnés de soupe (SP) (-16,9%) et la teneur en matière sèche des déjections est supérieure (+57,8%). Ceci s'expliquent par le taux de dilution des rations qui est inférieur pour les porcs NO (2,2 litres contre 2,4 litres par kg d'aliment, section 6.1.2).

La production totale de lisier varie selon l'itinéraire technique entre 7,8 et 10,9 m^3 par truie et sa suite, les porcs charcutiers produisant à eux seuls entre 52,8% et 67,6% du volume total. Si l'on considère en plus les eaux de lavage, la production annuelle d'effluents varie entre 11,7 et 14,7 m^3 par truie et sa suite, les eaux de lavage représentant en moyenne 28,9% de cette production totale. Ces valeurs sont inférieures à celles observées par Latimier *et al.* [1996b] qui rapportent, pour un élevage naisseur engraisseur conçu sur caillebotis intégral, une production annuelle d'effluents de 15,4 m^3 par truie et sa suite, la part des eaux de lavage représentant seulement 8,8% du total. Cette part est influencée par le mode de logement et d'alimentation des animaux, conformément aux consommations d'eau pour le lavage des salles.

Enfin, il convient de mentionner que le système d'acheminement du lisier vers les fosses de stockage situées à l'extérieur du dispositif n'a pas été bien conçu pour évacuer les déjections des truies DAC et des porcs NO compte tenu de leur faible fluidité. Des apports d'eau ont été nécessaires pour permettre leur écoulement normal dans les canalisations. Cette pratique va à l'encontre de l'objectif initial de réduction de la consommation d'eau.

6.1.7 Production d'éléments fertilisants

Les taux de recouvrement du P_2O_5 et du K_2O sont satisfaisants (P_2O_5 : 102% et K_2O : 98%), hormis le cas des porcs charcutiers élevés sur paille (PA) et alimentés en repas de soupe (SP) pour lesquels le taux de recouvrement du P_2O_5 est un peu plus élevé (117%). Malgré un poids d'abattage supérieur, les rejets en P_2O_5 des porcs en croissance sont inférieurs aux normes forfaitaires établies par le Corpen [2003], à l'exception des animaux SP élevés sur paille pour lesquels la valeur est proche. Nos résultats soulignent l'effet important de l'indice de consommation (IC) sur les rejets des animaux. Dans notre expérience, l'IC moyen est inférieur à celui utilisé pour le calcul des références (en moyenne 2,50 kg contre 2,84 kg par kg de gain de poids). Ceci compense l'effet préjudiciable d'une augmentation du poids d'abattage sur les rejets.

Dans toutes les salles du système *Caillebotis* équipées de racleurs, la volatilisation estimée de l'azote dans le bâtiment (43,3% en gestation et 51,3% en engraissement) est supérieure à celle retenue par le Corpen [2003] (25%). Ces émissions tendent également à augmenter avec l'accroissement de la surface dans les salles de gestation (DAC : 46,6% contre RC : 44,5%) et d'engraissement (LG : 55,4% contre OP : 51,8%). Ces effets sont à rapprocher des écarts de volume et de caractéristique physique des déjections observés précédemment. L'hypothèse d'une volatilisation plus importante de l'azote, dans les salles offrant une surface de déjections supérieure, en relation avec une circulation accrue de l'air sous les caillebotis, est plausible.

Ces résultats sont cependant contradictoires avec ceux de la bibliographie. Les travaux de Hendriks et van de Weerdhof [1999] montrent que l'accroissement de la fréquence d'évacuation des déjections réduit les émissions d'ammoniac entre 50% à 70%. Avec des systèmes de raclage, Groenestein [1994] mesure une émission quotidienne d'ammoniac réduite de 12% à 27% par rapport au système d'élevage

avec stockage du lisier sous les caillebotis. Les résultats de Belzile *et al.* [2006] vont dans le même sens et évoquent une réduction de l'émission d'ammoniac de l'ordre de 50%. Cependant, Groenestein [1994] et Godbout [2006] soulignent que le raclage a pour effet d'étaler les déjections. La surface d'échange entre les déjections et l'air ambiant est augmentée, l'urée résiduelle est rapidement transformée et l'ammoniac facilement volatilisée. Notre hypothèse rejoint les observations de Aarnink *et al.* [1997] qui soulignent qu'un accroissement des surfaces souillées d'urine et de fèces augmente les émissions d'ammoniac. Ceci permettrait d'expliquer le taux de volatilisation de l'azote particulièrement élevé constaté au cours de notre expérience. Toutefois, cette hypothèse demande à être vérifiée par des mesures de teneur en gaz à la sortie des cheminées d'extraction de l'air vicié des salles. Si ces mesures confirment les résultats des bilans, cela impliquera de modifier le rythme d'évacuation des déjections ou éventuellement de revoir la conception du dispositif d'évacuation des lisiers sous les caillebotis.

Dans les salles d'engraissement sur paille avec une distribution de repas de soupe, le taux de volatilisation de l'azote est inférieur à celui retenu par le Corpen [2003] (17% contre 57%). Ce résultat indique un effet possible de la vitesse de dégradation de la litière et des rythmes d'apport de paille et de curage du fumier sur la volatilisation. En effet, pour les autres modes de logement et d'alimentation sur litière, les niveaux de volatilisation sont relativement proches de ceux établis par le Corpen [2003] (paille : 57% et sciure : 67%). Ainsi, la comparaison des bilans calculés et mesurés d'éléments fertilisants permet d'estimer à 28% la volatilisation de composés azotés pour les truies en gestation conduites sur paille, 52% pour les porcs en croissance élevés sur paille et alimentés au nourrisseur et à 60% pour ceux conduits sur sol sciure. La production totale d'éléments fertilisants du système d'élevage sur paille augmente avec la quantité de litière. De ce fait, en gestation, elle est plus élevée pour le mode RC que DAC (N : +12,2%, P_2O_5 : +7,9% et K_2O : +15,8%) et en engraissement pour le mode SP que NO (N : +41,0%, P_2O_5 : +19,5% et K_2O : +11,4%)

Finalement, les quantités annuelles d'azote, de P_2O_5 et de K_2O produites par les différents itinéraires techniques du système *Caillebotis* sont peu variables. Le besoin annuel en surface d'épandage du lisier est compris entre 0,26 hectare et 0,29 hectare par truie et sa suite lorsque la fertilisation est ajustée sur un apport réglementaire en azote (170 unités par hectare et par an). Il est plus élevé, entre 0,50 hectare et 0,56 hectare, pour un apport réglementé sur la base du phosphore (80 unités par hectare et par an).

Pour le système *Litière*, les itinéraires techniques sur sol sciure présentent un besoin annuel en surface proche de celui du système *Caillebotis* et inférieur au besoin en surface des itinéraires sur paille. Ainsi, l'ajustement de la fertilisation sur un apport réglementaire en azote conduit à un besoin en surface par truie et sa suite de 0,26 hectare sur litière de sciure contre 0,32 hectare sur litière de paille (respectivement 0,60 hectare et 0,71 hectare pour un apport réglementé en phosphore).

Compte tenu du niveau de volatilisation de l'azote des itinéraires avec caillebotis, la capacité de production de porcs par hectare de surface épandable de ce système d'élevage est supérieure à celle estimée par Bonneau *et al.* [2006]. Ces auteurs

l'établissent à 60 porcs charcutiers par hectare et par an contre 82 dans le cas de notre expérimentation. De plus, contrairement aux résultats de ces auteurs, la capacité de production de porcs par hectare de surface épandable n'est pas augmentée pour les itinéraires sur paille. Elle est même réduite dans le cas d'un ajustement de la fertilisation par le phosphore.

S'ils se confirment, les résultats de notre expérience mettent en évidence un effet du raclage à plat des déjections sur la volatilisation des composés azotés, probablement sous forme d'ammoniac alors que l'inverse était attendu. Si tel était le cas, des mesures devront être mises en œuvre pour réduire les émissions de ce gaz polluant.

6.1.8 Besoin en énergie

Conformément au rythme d'apport de litière et de curage du fumier, la consommation de carburant pour le fonctionnement de l'engin de manutention des litières est affectée par le mode de logement et d'alimentation. Elle est inférieure pour le mode DAC comparativement à RC (-47,6%), pour le mode SC comparativement à PA (-50,4%) et pour le mode NO comparativement à SP (-39,1%). La consommation annuelle de gasoil des itinéraires techniques sur paille varie entre 137 kWh et 200 kWh par truie et sa suite, le curage du fumier et l'apport de paille représentant respectivement 36,3% et 63,7% de la consommation totale. Ces résultats confirment ceux de Lagadec et Boulestreau-Boulay [2007] qui observent pour des systèmes sur litière une consommation annuelle d'énergie de 152 kWh par truie et sa suite, les opérations de curage et de paillage représentant respectivement 25 et 75% de ce total. Lorsque les porcelets et les porcs charcutiers sont élevés sur sciure, le besoin annuel en gasoil est moindre et plus variable, entre 76 kWh et 130 kWh par truie et sa suite.

La consommation hebdomadaire d'électricité des salles *Naissage* augmente lorsque la température extérieure diminue, tout particulièrement pour le système *Caillebotis*. En effet, toutes les salles *Naissage* du système *Caillebotis* sont équipées de dispositifs électriques de chauffage de l'air ambiant. Ces équipements contribuent à limiter les amplitudes de température à l'intérieur des bâtiments. En revanche, leur fonctionnement génère des consommations supplémentaires d'électricité. La consommation hebdomadaire d'électricité des salles *Engraissement* est également influencée par la température extérieure, mais de manière différente. L'accroissement de la température extérieure provoque une augmentation du renouvellement de l'air dans les salles et donc de la consommation d'électricité par les ventilateurs. Cet effet est particulièrement marqué pour les salles sur litière.

La consommation annuelle cumulée d'énergie, électrique et gasoil, des itinéraires techniques sur litière est comprise entre 1592 kWh et 1765 kWh par truie et sa suite. Le carburant représente entre 4,8% à 11,6 % de ce total. Le besoin annuel d'énergie du système *Caillebotis* est de 2342 kWh par truie et sa suite. Il est supérieur de 24,6% à 32,0% à celui des itinéraires du système *Litière*. Ces niveaux de consommation excèdent largement ceux rapportés par l'IFIP [2006] qui situe le besoin en énergie en moyenne à 983 kWh par truie et sa suite, tout en soulignant la grande variabilité des consommations entre les élevages (écart-type de 384 kWh).

Dans notre étude, les salles *Engraissement* représentent entre 15,6% et 25,0% de la consommation totale d'énergie. Ces proportions rejoignent celles rapportées par l'IFIP [2006] (24,1%).

L'analyse de la puissance et du rythme de fonctionnement des matériels électriques autres que le chauffage et la ventilation ne permet pas d'expliquer les écarts de consommation d'énergie avec la bibliographie. Il est donc probable que la conception du dispositif et les *règles de décisions* relatives à son fonctionnement génèrent des besoins de chauffage et de ventilation plus importants que dans la pratique. Ainsi, l'absence de *refuge* ou *niche* dans les salles de post-sevrage du système *Litière* conduit à réchauffer l'ensemble du volume des salles qui est plus conséquent sur litière (284 m^3) que sur caillebotis (158 m^3), occasionnant ainsi des coûts énergétiques plus importants. Sur caillebotis, la salle de pré-troupeau accueille peu d'animaux (3,7 truies présentes en moyenne) et les salles de gestation sont gérées en tout plein/tout vide. Pour maintenir des conditions thermiques satisfaisantes, des radians électriques apportent la chaleur lorsque la température est au dessous des limites établies lors du prototypage du dispositif. Enfin, les matériaux mis en œuvre pour la conception des bâtiments sont choisis pour leur résistance thermique. En limitant les déperditions d'énergie par les parois, la conception du dispositif conduirait à accroître le renouvellement de l'air, en particulier en période estivale.

En définitive, si le chauffage et le renouvellement de l'air contribuent à maintenir les animaux dans des conditions propices à l'expression de leur potentialité génétique et à la réduction du coût alimentaire, ils concourent aussi à accroître le besoin en énergie. Nous verrons dans la section suivante que cette charge a un impact non négligeable dans le calcul des coûts de production. Enfin, la recherche de conditions de logement adéquate et la nécessité de réduire les consommations d'énergie illustrent à nouveau les divergences pouvant exister entre les différents objectifs relatifs à la durabilité des systèmes d'élevage.

6.1.9 Rentabilité économique

Comparativement au système *Litière*, le besoin en travail du système *Caillebotis* est inférieur de 12,7%. Ce résultat conforte les observations de Le Moan *et al.* [2003] qui constatent, à partir de données d'enquêtes, un besoin en main d'œuvre moins important dans des ateliers conçus sur caillebotis. L'écart rapporté par ces auteurs entre ces deux modes d'élevage est cependant plus important que celui que nous mesurons (27,4%).

Pour le système *Caillebotis*, l'effet du mode de logement et d'alimentation sur la charge en travail dépend du temps passé au nettoyage des salles. Les auges, les barreaux des réfectoires et des barrières présents dans les salles RC sont plus difficiles à laver, conduisant à une charge en travail supérieure à celle nécessaire pour les cellules DAC (+69,9%). Le temps de travail s'accroît aussi avec la surface de lavage. Il est en effet plus important dans les salles LG que OP (+29,4%), en accord avec les volumes d'eau de lavage rapportés précédemment (Section 6.1.6). Malgré ces effets, le besoin annuel en main d'œuvre des itinéraires techniques sur caillebotis fluctue assez peu, entre 8,8 heures et 10,0 heures par truie et sa suite.

En revanche, le besoin en main d'œuvre des itinéraires du système *Litière* est plus variable : entre 8,9 heures et 12,8 heures par truie et sa suite. La charge en travail dépend essentiellement du rythme d'apport de litière et de curage du fumier. Ainsi, la modalité la plus exigeante en quantité de litière (PA, RC et SP) présente le besoin annuel en main d'œuvre le plus élevé (12,8 heures contre 10,8 heures par truie et sa suite en moyenne). A l'inverse, l'utilisation de sciure réduit le besoin en main d'œuvre. Lorsque les porcs élevés sur sciure sont alimentés au nourrisseur, la charge en travail est même relativement proche de celle observée sur caillebotis.

Les coûts de construction du dispositif sont à relativiser compte tenu de la conception des bâtiments, en particulier avec la diversité des modalités de logement et d'alimentation mise en comparaison, les contraintes administratives spécifiques concernant les procédures de passation des marchés et le mode de conduite en bande des animaux. Concernant ce dernier point, la conduite en trois bandes choisie en raison de la faible taille de l'élevage, n'optimise pas l'utilisation des places. Ainsi, pour un élevage de 67,5 truies présentes, cette conduite implique de disposer de 660 places en engraissement tandis que 561 places suffiraient si l'élevage était conduit en 7 bandes. Ces éléments contribuent à expliquer des coûts d'investissements supérieurs à ceux rapportés par Massabie [2009], en moyenne de 48,5% pour le coût des places d'élevage conçues sur caillebotis et de 66,0% pour celles sur litière.

Sur caillebotis, le coût d'une place DAC est inférieur à celui d'une place RC de 22,3%, ce qui est conforme à la bibliographie (27,6% d'écart en moyenne). La charge d'investissement relative à une place de gestation, de post-sevrage et d'engraissement du système *Litière* est proche de celle du système *Caillebotis*. Ces résultats diffèrent de ceux de Massabie [2009] qui observe, pour des élevages conçus sur litière de paille, un coût moyen de la place de gestation (1007 euros), de post-sevrage (157 euros) et d'engraissement (243 euros) inférieur à celui d'élevages réalisés sur caillebotis (respectivement 1146 euros, 278 euros et 283 euros). Des différences dans la conception des bâtiments sur litière expliquent probablement la divergence des résultats.

Ainsi, dans notre étude, les bâtiments du système *Litière* sont tous correctement isolés et le renouvellement de l'air est asservi et régulé. Les salles de post-sevrage sur litière ne présentent pas de *niches* et disposent d'équipements de chauffage. Par ailleurs, les animaux en croissance bénéficient d'une surface supérieure aux recommandations habituelles (post-sevrage : 0,99 m^2 contre 0,70 m^2 par porcelet ; engraissement : 1,37 m^2 contre 1,20 m^2 par porc). Ces différents éléments techniques expliquent la similitude du coût d'investissement moyen des itinéraires techniques avec litière (20691 euros ± 301 euros par truie et sa suite) comparativement à celui des itinéraires avec caillebotis (20669 euros ± 943 euros par truie et sa suite). Ces coûts d'investissements, moins variables sur litière que sur caillebotis, soulignent l'effet d'une augmentation de la surface bâtie sur le montant de cette charge.

Le choix de l'itinéraire technique a un impact sur le coût de production. Sur caillebotis, ce dernier varie assez peu (entre 1,11 et 1,15 euros par kg de carcasse). L'écart entre les itinéraires dépend principalement du poids d'abattage des animaux et des coûts d'investissements liés à la surface par animal. Ainsi, les

animaux SP sont abattus plus légers que les porcs NO (NO : 117 kg contre SP : 122 kg) et un coût de production supérieur (+1,5 centimes d'euros par kg de carcasse). L'augmentation de la surface par porc pénalise le coût de production mais d'une façon modérée. C'est en particulier le cas des itinéraires RC comparativement à DAC (+1,5 centimes d'euros par kg de carcasse) et LG par rapport à OP (+0,5 centime d'euro).

Concernant les itinéraires sur litière, les coûts de production sont plus variables (entre 1,17 euros et 1,37 euros par kg de carcasse) et supérieurs à ceux du système caillebotis (+12,3 centimes d'euros en moyenne). Ces écarts s'expliquent par une charge plus importante en main d'œuvre et en litière (main d'œuvre : +1,5 centimes d'euros ; litière : +12,8 centimes d'euros par kg de carcasse). Ces deux postes sont moins importants lorsque les parcours sont économes en litière (DAC-PA-NO : 19 centimes d'euros et DAC-SC-NO : 20 centimes d'euros par kg de carcasse) comparativement à ceux qui le sont moins (RC-PA-SP : 27 centimes d'euros et surtout RC-SC-SP : 36 centimes d'euros par kg de carcasse).

Ces constats rejoignent ceux de Laligant *et al.* [2002] qui montrent que le coût de production des porcs charcutiers élevés sur paille et alimentés au nourrisseur est supérieur de 13 centimes d'euros par kg de carcasse à celui d'animaux conduits sur caillebotis intégral. Ces auteurs expliquent cet écart par la charge en litière (+4 centimes d'euros par kg de carcasse) et en main d'œuvre (+7 centimes d'euros), les montants de ces deux charges étant différents de ceux constatés dans notre étude (litière : 12,4 centimes ; main d'œuvre : 1,5 centimes d'euros par kg de carcasse).

La différence d'investissement entre les itinéraires conçus sur litière et sur caillebotis étant modérée, l'impact des annuités d'emprunt sur le coût de production est limité (6 centimes d'euros par kg de carcasse). Enfin, conformément au constat réalisé précédemment concernant les besoins en énergie (Section 6.1.8), le poids de ce poste sur le coût de production est important (LI : 5,5% et CI : 8,9%) et supérieur aux observations rapportées par l'IFIP [2006] (2,2%). La réduction de cette charge implique une analyse préalable de l'impact de la température et du renouvellement de l'air dans les salles sur l'état de santé et les performances des animaux.

6.2 Les intérêts et les limites de l'*expérimentation système*

Cette *expérimentation système a* permis de tester la réponse des animaux et plus généralement de l'élevage à différents itinéraires techniques associés à des *règles de décisions*. Dans certains cas et pour certains critères, la réponse apparaît peu variable. Par exemple, le niveau d'alimentation des porcs charcutiers affecte peu l'indice de consommation en engraissement, indiquant que les règles relatives à la distribution de l'aliment interagissent peu avec le système d'élevage sur ce critère technique. Inversement, les résultats mettent clairement en évidence des interactions, souvent non anticipées, entre le système d'élevage (Sy) et le mode de logement et d'alimentation (SSy), entre l'animal et son environnement ou entre les *règles de décisions*, les conditions de logement et les flux de matières ou financiers. Ceci aurait difficilement été mis en évidence dans un dispositif plus classique d'expérimentation factorielle. L'*expérimentation système* prend ainsi en

compte la diversité des réponses des itinéraires techniques. Toutefois, l'analyse des résultats fait apparaître un certain nombre de lacunes dans les informations collectées, ce qui ne permet pas toujours une analyse exhaustive de l'efficience des systèmes d'élevage mis en comparaison.

6.2.1 Originalité d'une *expérimentation système*

Les résultats de notre expérimentation soulignent la diversité des réponses des itinéraires techniques aux choix stratégiques et aux *règles de décisions* appliquées. Quatre exemples significatifs vont illustrer ce constat :

- Le mode de logement et d'alimentation des truies en gestation affecte différemment leurs performances de lactation selon le système d'élevage. Les truies du système *Caillebotis* élevées en petits groupes dans des cases équipées de réfectoires (RC) présentent des performances de lactation plutôt supérieures aux truies conduites en grand groupe dans une case munie d'un automate de distribution d'aliment (DAC), tandis que l'inverse est observé pour les animaux du système *Litière*. Il n'y a donc pas de réponse univoque des performances des animaux au type de sol ni aux modes de logement et d'alimentation. Le choix entre différents optimum technico-économiques renvoie donc à d'autres dimensions que les performances, par exemple le bien-être animal, le travail ou la préférence des éleveurs.
- En engraissement, l'écart de taux de muscle des pièces (TMP) entre les mâles castrés et les femelles est plus important sur litière que sur caillebotis. Mais cet effet de la nature du sol sur les caractéristiques de carcasse diffère selon le type de litière, les animaux élevés sur paille (PA) étant plus pénalisés que ceux conduits sur sciure (SC).
- Le rationnement et la distribution de repas de soupe aux porcs à l'engraissement élevés sur litière favorisent le fouissage et l'activité de déplacement. Ces deux comportements et la consommation plus élevée d'eau ont un effet négatif sur la tenue de la litière, entraînant un accroissement des besoins de paille ou de sciure.
- Le temps de travail et le coût de production des différents itinéraires du système *Litière* sont très variables et étroitement liés aux rythmes d'apport de paille et de sciure, alors que ces paramètres sont beaucoup plus homogènes pour les itinéraires techniques du système *Caillebotis*.

Lorsque plusieurs domaines sont considérés simultanément, les réponses des itinéraires techniques peuvent être contradictoires. Ainsi, les résultats de notre expérience montrent que la poursuite d'un objectif de rentabilité peut être en désaccord avec la recherche d'un meilleur bien-être pour les truies en gestation. Le coût de production le plus faible est en effet obtenu pour les itinéraires associant la modalité DAC et caillebotis intégral, peu propice au bien-être des animaux, et le plus élevé pour les itinéraires combinant la modalité RC et litière. Les parcours associant la modalité DAC et litière pourraient être un compromis intéressant, bien qu'ils ne soient pas optimum pour les lésions corporelles.

Par ailleurs, certains choix stratégiques et *règles de décisions* conduisent à des résultats qui ne sont pas en rapport avec les objectifs fixés lors du prototypage du dispositif :

- Les systèmes d'élevage ont été conçus pour limiter les déperditions de chaleur. Les matériaux constitutifs des bâtiments et les *règles de décisions* relatives à leur fonctionnement devaient ainsi permettre de réduire la consommation d'énergie tout en maintenant les animaux dans des conditions optimales de logement. Or, les résultats montrent que le besoin en énergie est supérieur aux références moyennes des élevages de terrain. En particulier, en été, l'isolation maximale des salles d'engraissement conduit à une consommation accrue d'énergie pour la ventilation, en contre partie aucune économie de chauffage n'est réalisée puisque ces salles ne sont pas chauffées.
- Certaines pratiques peuvent aussi aller à l'encontre des objectifs initiaux d'économie d'eau. Ainsi, la diminution de la dilution des rations alimentaires rend difficile l'acheminement normal vers les fosses extérieures de stockage, du lisier produit par les truies DAC et les porcs charcutiers alimentés au nourrisseur (NO). Cette évacuation n'est alors possible que par des apports importants d'eau. Par ailleurs, les règles d'hygiène sévères conduisent à un usage conséquent d'eau pour le lavage des salles et des locaux techniques.
- Le système de raclage des déjections installé au fond des pré-fosses devait limiter les pertes d'azote par volatilisation. Les résultats de notre expérience semblent indiquer qu'un raclage quotidien accentue ces pertes comparativement au mode de gestion plus commun qui consiste à stocker le lisier sous les caillebotis durant toute la phase d'élevage.
- Si l'élevage d'animaux exempts de maladie revêt un intérêt certain, les taux de pertes enregistrés lors du transfert des porcelets à l'extérieur du dispositif illustrent leur difficulté à s'adapter à des environnements plus contraints. D'autre part, l'épisode de mortalité de truies constaté au début de l'année 2008 reste inexpliqué à ce jour. Enfin, les performances de reproduction et les fréquentes interventions vétérinaires nécessaires pour les truies en lactation ne sont pas en rapport avec l'objectif initial ni avec la qualité sanitaire des animaux ou les conditions d'élevage.

Au final, l'approche développée permet de mieux prévoir les effets d'actes techniques et des *règles de décisions*. Ceci pourrait constituer la base d'un raisonnement des itinéraires techniques, de leur adaptation au milieu en fonction de conditions socio-économiques nouvelles.

6.2.2 Pour une analyse plus exhaustive des systèmes d'élevage

Des mesures d'émissions de gaz à la sortie des bâtiments d'engraissement des deux systèmes d'élevage ont été réalisées entre 2008 et 2010. Elles sont en en cours d'interprétation et devraient permettre de vérifier l'hypothèse d'une volatilisation élevée de l'azote du lisier sous forme d'ammoniac. Si tel est le cas, il faudra intégrer les effets de ce gaz polluant dans le bilan environnemental global des

itinéraires techniques mis en comparaison. Une évolution substantielle du mode de gestion des lisiers dans les bâtiments et/ou de l'évacuation de l'air vicié des salles devra alors être envisagée.

Les observations comportementales concernent uniquement les porcs charcutiers élevés sur paille. Les observations sur les porcelets en post-sevrage des deux systèmes d'élevage et les porcs charcutiers élevés sur caillebotis pour chacune des deux modalités de logement (OP et LG) et d'alimentation (NO et SP) font donc défaut. Enfin, l'absence d'observation comportementale des truies autour de la mise-bas ne permet pas de vérifier l'hypothèse d'un effet éventuel du mode de logement et d'alimentation des truies en gestation sur le déroulement de la parturition.

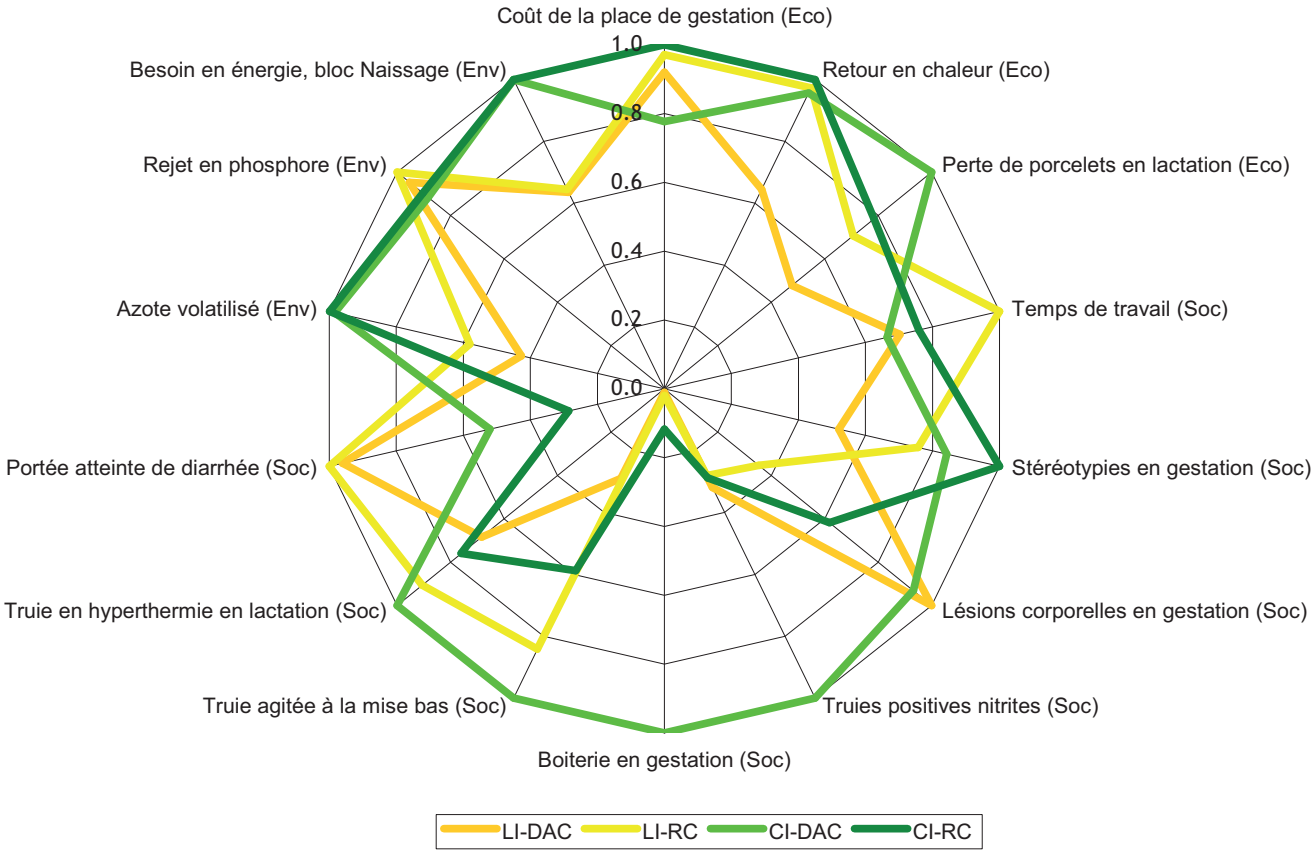
Les besoins d'électricité rapportés dans notre expérience concernent les consommations des blocs *Naissage* et *Engraissement* des deux systèmes d'élevage. Une analyse des consommations par poste (chauffage et ventilation) pour chaque stade physiologique est attendue. Elle servira de support à la redéfinition des *règles de décisions* et pourra conduire à de nouveaux choix stratégiques en matière de conception des bâtiments.

L'effet probable du facteur humain sur les performances des truies en lactation et la fréquence des interventions thérapeutiques en maternité souligne l'importance de ce paramètre sur les résultats d'une *expérimentation système*. Cet effet a été clairement sous-évalué lors du prototypage du dispositif expérimental. Malgré des *règles d'actions* et *de décisions* similaires, le savoir-faire des animaliers diffère et vraisemblablement aussi leur perception du fonctionnement des différents systèmes et itinéraires techniques. Cet effet *perturbateur* ne pourra être maîtrisé que par un effort de formation et une nouvelle organisation du travail des agents techniques en charge du suivi du dispositif.

La charge en travail engendrée par les différents itinéraires techniques a été déterminée. En revanche, la pénibilité des tâches n'a pas fait l'objet d'investigation. Elle conditionne pourtant les choix stratégiques des éleveurs, en particulier dans des structures d'élevage où la main d'œuvre salariale est présente. Une analyse plus fine des différentes opérations mises en œuvre lors de lavage des salles de post-sevrage permet d'illustrer ce constat. En effet, bien que les résultats de notre étude indiquent que le système d'élevage affecte assez peu le temps de travail imparti au lavage, la pénibilité de cette opération diffère d'un système d'élevage à l'autre. Ainsi, le nettoyage intégral des salles de post-sevrage sur caillebotis implique de lever les caillebotis pour accéder aux pré-fosses de 0,70 m de profondeur. Le lavage de ces dernières nécessite de fréquentes flexions. A l'inverse, dans les salles de post-sevrage du système *Litière*, les nourrisseurs constituent les seuls éléments mobiles et les différences de niveaux n'excèdent pas 0,20 m.

Enfin, les résultats de notre expérience n'intègrent pas les contraintes inhérentes au traitement des effluents. A l'image de nombreux élevages bretons, la ferme de *Crécom* est soumise à une obligation de traitement et exporte, en dehors des Zones en Excédent structurel (ZES), une partie des déjections organiques sous forme de compost. Au moment du prototypage du dispositif expérimental, ce choix

Figure 6.2 - Évaluation multidimensionnelle des différents itinéraires de production de porcelets.



Dimensions de la durabilité : Eco, économie ; Soc, sociale ; Env, environnement.
LI : système *Litière* ; CI : système *Caillebotis*.
DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.

stratégique était le plus judicieux, l'élevage étant de taille modeste. Un traitement biologique du lisier avec extraction du phosphore aurait entraîné des coûts de production très élevés. Aussi, il convient de resituer les résultats de cette *expérimentation système* dans le contexte plus large du système d'exploitation et du territoire. Les règles administratives, les dispositions naturelles et le contexte social peuvent orienter les choix des éleveurs vers certains systèmes, indépendamment de leurs résultats techniques et économiques pressentis. Si l'on tient compte d'un coût moyen de traitement biologique des lisiers par boue activée avec extraction du phosphore de 8,6 euros par m^3 [Lossouarn *et al.*, 2011], soit 6,5 centimes d'euros par kg de carcasse, il est clair que certains itinéraires techniques avec litière deviennent plus compétitifs. Par ailleurs, dans certaines filières de production de qualité, le coût de production plus élevé peut aussi être compensé par un prix de vente supérieur.

6.3 Vers une représentation synthétique des systèmes d'élevage

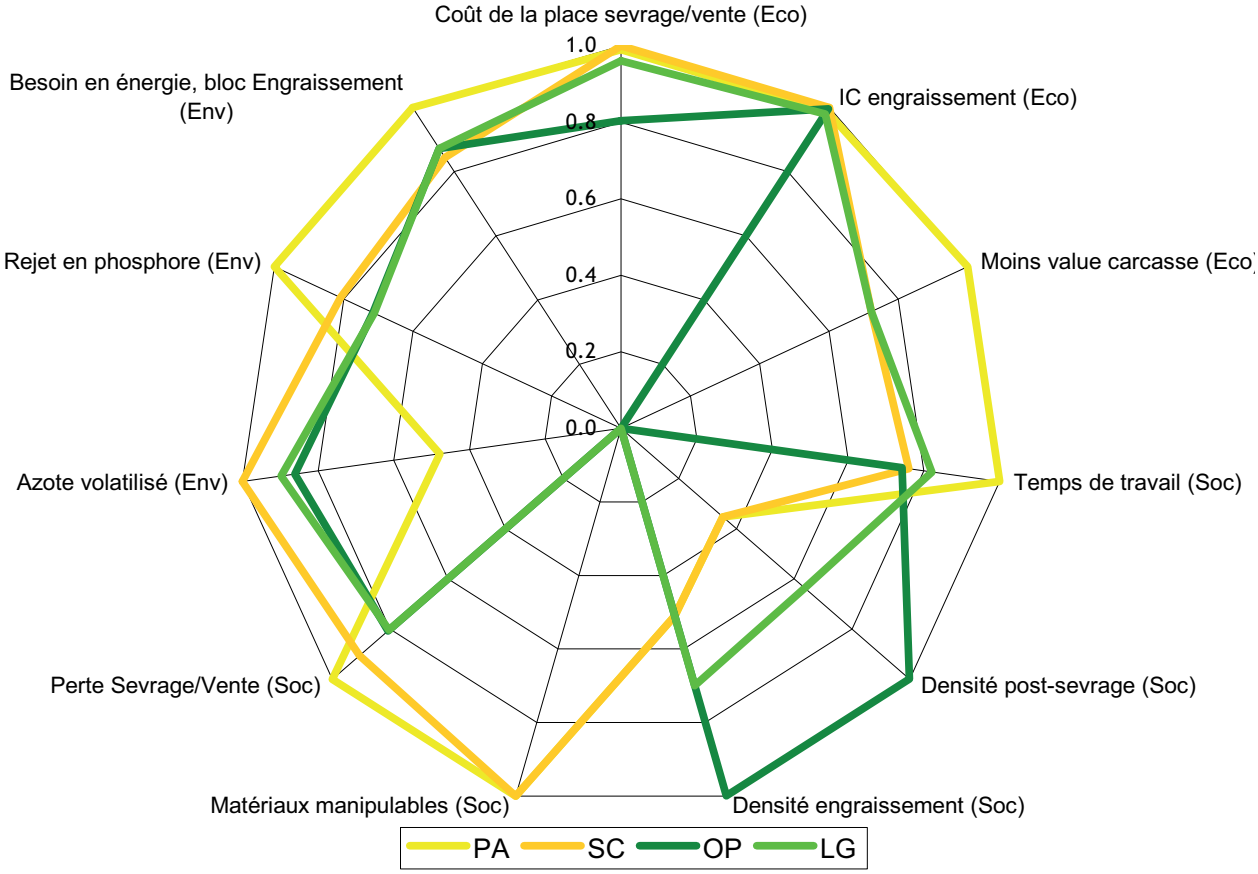
Le système d'élevage et le mode de logement et d'alimentation affectent les performances techniques, économiques et environnementales des différents itinéraires techniques. Ces paramètres ont aussi un impact sur l'état de santé des animaux, le comportement et le bien être des truies en gestation. Prenant en compte les différentes dimensions de la durabilité de l'élevage, en particulier l'économie, l'environnement et la dimension sociale (travail, bien-être animal) nous avons identifié, parmi l'ensemble des variables mesurées, un certain nombre de critères représentatifs et nous les avons représentés sous la forme de deux graphiques en radar. Le premier concerne la phase de production de porcelets et le second la phase d'engraissement. Cette représentation permet d'identifier plus facilement les atouts et les limites des différents itinéraires techniques.

6.3.1 Évaluation des différents itinéraires de production de porcelets

En dépit d'un très bon positionnement sur le plan économique (coût de la place de gestation et temps de travail), le mode DAC du système *Caillebotis* présente plusieurs désavantages, tout au moins dans la configuration de notre expérience (Figure 6.2). Les truies sont plus sujettes à des troubles durant la lactation. Les problèmes locomoteurs et urinaires au cours de la gestation sont plus fréquents. Les performances de lactation sont moindres en rapport à celles des trois autres modalités d'élevage. Les interventions thérapeutiques sur les portées de porcelets consécutivement à des troubles digestifs sont également plus fréquentes que sur les portées issues des truies RC du système *Caillebotis*. Les lésions corporelles et surtout les problèmes d'aplombs sont plus courants. L'expression d'actes stéréotypés est aussi particulièrement marquée.

A l'inverse, d'autres itinéraires sont efficients dans de nombreux domaines. Le mode DAC du système *Litière* montre ainsi beaucoup de points positifs (Figure 6.2). Hormis des troubles digestifs plus fréquents sur les porcelets en maternité, les performances zootechniques des truies sont plutôt supérieures aux trois autres modalités d'élevage. Les truies sont moins sujettes à des troubles pendant la lactation. Les problèmes locomoteurs et urinaires en gestation sont limités. Comparativement au mode RC du système *Litière*, le besoin en paille est moindre et la production d'effluents est réduite. La fraction d'azote volatilisée est aussi

Figure 6.3 – Évaluation multidimensionnelle des différents itinéraires de production des porcs en croissance.



Dimensions de la durabilité : Eco, économie ; Soc, sociale ; Env, environnement.
NO : alimentation sèche au nourrisseur et à volonté ; SP : alimentation humide et rationnée.
PA : paille ; SC : sciure ; OP : surface restreinte ; LG : surface large.

plus faible. Le besoin énergique de fonctionnement de ce mode d'élevage est limité de même que le coût de la place et la charge en travail qui sont parmi les plus faibles. La fréquence des stéréotypies est également moindre comparée au système *Caillebotis*

Le mode DAC du système *Litière* présente donc de nombreux atouts. Il est adapté à des élevages de taille variable. Il prend en compte l'ensemble des réglementations relatives au bien-être des truies, en particulier la fourniture d'un substrat manipulable. Chez les éleveurs soumis à une obligation de traitement, le compostage et l'exportation de ce fumier permet de résorber la totalité des éléments. Le besoin en paille pour cette seule phase d'élevage est faible et un échange entre paille et fumier pourrait vraisemblablement être contractualisé entre d'une part les producteurs de céréales, souhaitant améliorer la fertilité de leurs sols et bénéficier d'une source d'éléments fertilisants économiquement attractive, et d'autre part des éleveurs de porcs implantés dans des zones environnementales particulièrement sensibles.

6.3.2 Évaluation des différents itinéraires d'élevage des porcs en croissance

Le mode de logement et d'alimentation affecte assez peu les performances de croissance des animaux (Figure 6.3). Concernant les autres dimensions, les résultats divergent plus.

Les porcs disposant d'une surface restreinte en post-sevrage et en engraissement (OP) présentent de meilleures caractéristiques des carcasses et une plus value technique améliorée (Figure 6.3). Le coût de la place et le temps de travail sont également favorables à ce mode d'élevage. Le taux de perte sevrage/vente et le besoin d'énergie sont inférieurs à ceux des modalités d'élevage sur litière. Le rejet en phosphore est plus faible, en retrait par rapport à celui des animaux élevés sur paille. En revanche, le rejet en azote par volatilisation est conséquent, relativement proche de celui des porcs élevés sur sol sciure et supérieur à celui des animaux conduits sur paille.

Pour les animaux élevés sur caillebotis, nous ne disposons pas de mesures relatives à leur comportement. Cependant, les caractéristiques techniques relatives à la conception du dispositif permettent d'apporter une première appréciation sur le bien-être des porcs en croissance. Ainsi, les chaînes en inox mises à la disposition des animaux élevés sur caillebotis sont vraisemblablement moins favorables à l'expression du comportement naturel de fouissage que la paille ou la sciure (Figure 6.3). La promiscuité entre les animaux est aussi plus importante sur caillebotis que sur litière, notamment chez les porcs disposant d'une surface restreinte (OP). Une densité importante d'animaux au m^2 favorise les agressions agonistiques et donc les blessures, tout particulièrement en fin d'engraissement lorsque la place offerte aux porcs ne leur permet plus de se coucher aisément et d'accéder librement aux nourrisseurs.

Finalement, l'évaluation de l'efficience des différents itinéraires techniques à l'égard des différents critères de durabilité n'est pas évidente. L'élevage sur litière des porcs en croissance peut avoir un intérêt dans le cas d'une obligation de traitement. Cependant, compte tenu de la densité des élevages de porcs en

Bretagne, de la part de l'engraissement dans le besoin total en litière et d'une possible concurrence entre les filières animales vis-à-vis de la paille et de la sciure, ce mode d'élevage ne peut s'envisager actuellement que dans le cas de petits excédents. En revanche, la contractualisation des échanges entre de la paille et du fumier permettrait vraisemblablement de modifier la donne.

6.4 La reconfiguration des systèmes d'élevage

S'appuyant sur l'ensemble de ces considérations, il est probable que le dispositif expérimental développé à partir de 2000 et mis en œuvre en 2006 à la station régionale porcine de *Crécom* doit à nouveau évoluer. Le prototypage des systèmes d'élevage prévoit en effet des boucles de progrès, avec un ajustement des *règles stratégiques et d'actions* en fonction des résultats des évaluations [Section 3.4.3 et 4.4.2]. Limiter les besoins en litière, réduire la dépendance énergétique, améliorer le bien-être des animaux élevés sur caillebotis, repenser la gestion des lisiers sous le plancher des salles et leur valorisation ultérieure et enfin traiter l'air vicié provenant des salles du système *Caillebotis* constituent des axes de travail à privilégier.

6.4.1 Système *Litière* : Un libre accès à l'alimentation et une modification de la conduite

La rentabilité des systèmes *Litière* est en partie conditionnée par le besoin en paille et en sciure. Notre expérimentation montre clairement qu'une augmentation de la surface paillée offerte aux truies en gestation, une réduction du taux de dilution des rations et un accès libre à l'aliment rendent ces itinéraires techniques plus économes.

Ainsi, le rapprochement des conditions d'alimentation des truies élevées dans de petites cases équipées de réfectoires (RC) de celles des truies conduites en grand groupe dans une case munie d'un automate de distribution d'aliment (DAC) permettrait probablement de réduire le besoin en paille et la production de fumier. De même, une modification notable de la fréquence des repas, du niveau alimentation et de la dilution des rations rendraient vraisemblablement plus économes en litière les itinéraires techniques avec distribution de soupe en engraissement. Une conduite dans un même groupe dynamique des trois bandes de truies limiterait vraisemblablement la promiscuité. En augmentant le nombre d'animaux dans le groupe et la surface de l'aire paillée, le besoin en paille pourrait probablement être diminué. Ceci pourrait avoir des effets bénéfiques sur l'homogénéisation du statut sanitaire du troupeau. La distribution de repas de soupe et le rationnement des porcs à l'engrais suscitent aussi des questionnements. Dans les conditions de notre expérience, ce mode d'alimentation favorise les activités de fouissage et d'investigations des porcs élevés sur paille, traduisant probablement une insatisfaction alimentaire.

Enfin, concernant les truies RC du système *Litière*, l'effet d'un stress en maternité consécutif à l'absence de paille pourrait être vérifié par des observations comportementales.

6.4.2 Système *Caillebotis* : Une amélioration du bien-être des truies

S'agissant du comportement des truies élevées sur caillebotis, des investigations sont à entreprendre pour améliorer leur bien-être, tout particulièrement pour celles conduites en grand groupe dans une case équipée d'un automate de distribution d'aliment (DAC).

Leur environnement doit être enrichi. L'accès permanent à une source de fibres mérite d'être testé, à fortiori chez des animaux ayant une excellente faculté à transformer l'aliment en gain de poids. La nature et la forme de l'apport devront aussi considérer l'évacuation des lisiers. En nous appuyant sur des études comportementales réalisées sur des truies élevées en plein air [Chartier et Porcher, 2009], des bouchons de paille pourraient aussi être mis à la disposition des animaux. Ils auraient pour effet de stimuler les activités de succion et d'investigations.

Par ailleurs, à l'image de l'unité sur litière, une conduite en groupe dynamique des trois bandes de truies limiterait vraisemblablement la promiscuité. L'installation de cloisons pleines à l'intérieur de la case permettrait aux animaux de s'isoler et faciliterait le couchage. La mise en place de gisoirs pleins et continus offrirait aux animaux un confort supplémentaire.

6.4.3 Réduire la dépendance énergétique des systèmes d'élevage

Les systèmes d'élevage évalués sont globalement très consommateurs d'énergie. De nouvelles *règles stratégiques* semblent donc devoir être à élaborer. Ainsi, les itinéraires techniques sur litière avec ouverture sur l'extérieur devraient pouvoir fonctionner sans système asservi de renouvellement de l'air ni éclairage artificiel. Des économies de chauffage sont aussi possibles dans les salles de post-sevrage grâce à certains aménagements. Ces nouvelles règles pourraient complexifier la gestion du système *Litière*, rendant plus sensible son efficience technique et économique au savoir-faire des techniciens chargés de son suivi. La formation du personnel prend à nouveau ici toute sa dimension.

Concernant le système *Caillebotis*, la charge en électricité souligne les limites du confinement. Un nouveau compromis entre la température, le renouvellement de l'air et l'humidité des sols est à rechercher dans des limites raisonnées et économiquement raisonnables. Le chauffage dans les salles de verraterie/gestante mérite aussi d'être reconsidéré. La conduite du troupeau de truies en groupe dynamique permettrait aussi de réduire le volume des salles, limitant ainsi vraisemblablement le besoin en énergie. L'installation d'un échangeur d'air à la sortie des bâtiments permettrait également de récupérer de l'énergie qui pourrait être utilisée pour le chauffage des modules de maternité et de post-sevrage. Il pourrait être couplé avec un laveur d'air qui capterait l'ammoniac à la sortie des bâtiments, si effectivement la volatilisation de l'azote sous cette forme est avérée. La lumière naturelle est aussi une source d'énergie pouvant être utilisée à des fins matérielles, tout particulièrement pour l'éclairage des salles.

6.4.4 Une évolution du système d'évacuation du lisier et de la valorisation des effluents

La diminution des niveaux d'abreuvement et le dispositif de raclage à plat des déjections au fond des pré-fosses réduisent les volumes de lisier et augmentent la teneur en matière sèche. Le compostage de ces produits avec des fumiers pailleux peu humides provenant du système *Litière,* comme ceux produits par les porcelets ou les porcs charcutiers alimentés au nourrisseur, pourrait être envisagé.

Dans l'éventualité d'une perte importante d'azote gazeux sous forme d'ammoniac, le dispositif d'évacuation des déjections sous les caillebotis pourrait changer. A ce titre, la profondeur des pré-fosses sous les caillebotis (0,70 m) a été prévue pour mettre à l'épreuve d'autres systèmes d'évacuation des lisiers.

Le séchage du lisier est une autre voie d'exploration. Il pourrait être rendu possible grâce à de l'énergie provenant d'un système de récupération de chaleur installé à la sortie des bâtiments. A l'image du bloc *Naissage*, cet équipement pourrait être éventuellement couplé avec un système de lavage de l'air pour capter l'ammoniac.

6.4.5 Des systèmes d'élevage et d'exploitation intégrés dans le territoire

Le traitement des déjections, les opérations d'épandage et de production de litières génèrent des coûts et des besoins en carburant. Ces derniers mériteraient d'être évalués et pris en compte dans les critères d'appréciation de la durabilité économique et environnementale des différents systèmes d'élevage. Par ailleurs, l'étude du couplage entre les systèmes d'élevage et les systèmes de culture semble judicieux.

Enfin, quel que soit l'itinéraire technique, les performances de croissance sont très satisfaisantes, les faibles indices de consommation permettant de réduire significativement les rejets en éléments fertilisants et donc les besoins en surface d'épandage. Le taux de pertes d'animaux est très faible. Les dépenses de santé sont limitées compte tenu du faible usage des antibiotiques et des vaccins. Il convient désormais de s'interroger sur une application à grande échelle de telles démarches prenant corps dans la concertation, l'échange et l'organisation. Ceci suscite déjà un engouement malgré les contraintes et un bouleversement important des habitudes. Ainsi, nos dernières investigations montrent l'intérêt technique et économique de l'instauration de règles de bio-sécurité sur des unités de taille conséquente et implantées dans des zones sanitaires plus difficiles. Le repeuplement d'élevages de production avec des animaux *assainis* est développé avec succès depuis plusieurs années en Normandie. Une expérience a débuté en novembre 2009 dans les Côtes d'Armor dans une zone très concentrée en élevages de porcs et sur une unité équipée d'un dispositif de filtration de l'air. Une telle démarche pourrait vraisemblablement être envisagée dans une conception d'élevage plus traditionnelle, dans une organisation concertée localement.

Une confrontation permanente entre théorie et expérience est une condition nécessaire à l'expression de la créativité.

[Pierre Joliot,
Recherche passionnément]

Il n'existe pas de problèmes dans la nature, mais seulement des solutions car l'état naturel est un état adaptatif donnant naissance à un système cohérent.

[René Dubos,
Courtisons la terre]

Conclusion

La complexité n'est pas la complication. C'est une répétition d'éléments simples qui se reproduisent et prolifèrent. Ces propos illustrent le fait que nous sommes aujourd'hui confrontés à un nouvel infini face auquel notre intelligence et notre logique classique s'avèrent désarmées [de Rosnay, 1977]. Comprendre la complexité nécessite la mise en place de nouveaux outils rompant avec la méthode analytique et l'hypothèse déterministe d'une réalité donnée. Etudier ces outils revient à présenter les fondements épistémologiques des sciences de la complexité. Il faut s'écarter de l'épistémologie cartésienne pour avoir la possibilité de s'inscrire dans un champ conceptuel permettant à la fois d'observer et de comprendre les phénomènes dans une logique syncrétique [Granjon, 1997]. Cette logique, c'est celle que Morin décrit dans *La méthode* [1977-2004] comme étant une théorie complexe de l'organisation : *pour s'autonomiser, une organisation doit être dépendante, entre autre de son environnement, et développer un ensemble de processus de communication avec ce dernier*. Car à la différence des objets inertes, les systèmes ne se maintiennent qu'à travers l'action et le changement ; leur identité ne provient pas de la fixité de leurs composants, mais de la stabilité de leur forme et de leur organisation à travers les flux qui les traversent [Lemoigne, 1995].

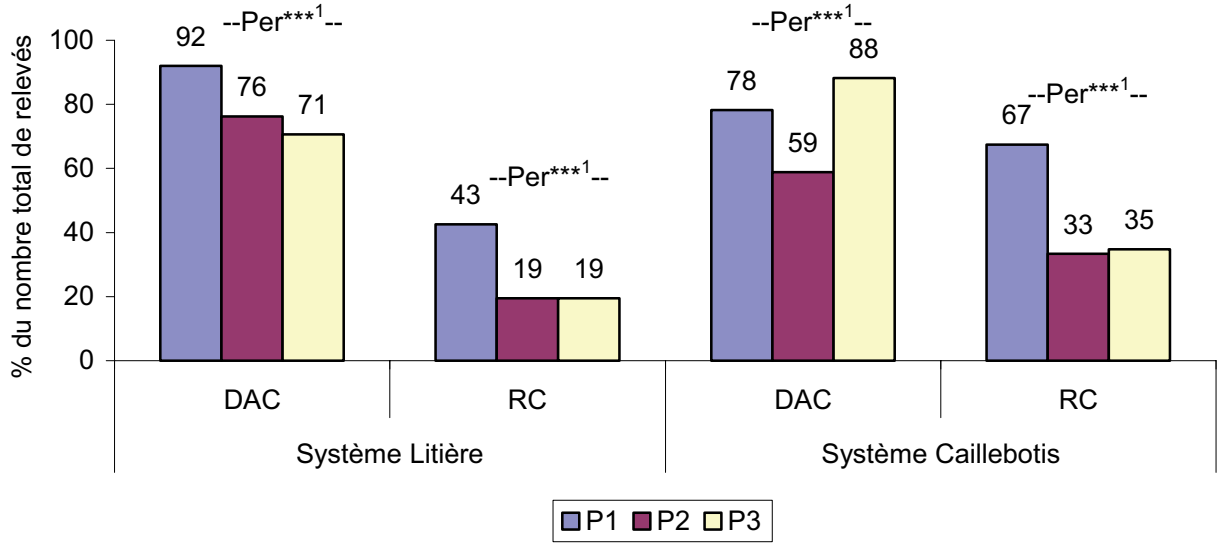
Au final, cette *expérimentation système* a permis d'identifier une multitude d'interactions, par exemple entre la nature du sol et le mode de logement et d'alimentation, entre l'animal et son environnement ou encore entre les *règles de décisions*, les conditions de logement et les flux de matières ou financiers. L'important travail initial relatif à la définition des systèmes d'élevage mis en comparaison montre également le rôle déterminant de l'environnement économique, social et naturel dans les choix stratégiques qui ont été adoptés. La recherche d'itinéraires techniques durables doit donc s'inscrire dans le contexte plus large de l'exploitation agricole, du territoire et des filières, en prenant en compte l'ensemble des acteurs impliqués. Le modèle unique de développement évoqué à la partie 1 se conjugue désormais au pluriel, et l'approche du fonctionnement de l'élevage est devenue, selon l'expression de de Rosnay [1977], *infiniment complexe*.

En dépit de l'originalité de ce dispositif expérimental, les résultats de ce travail montrent qu'il est difficile de maîtriser toutes les *règles de décisions*. Par exemple celles relatives à la formation du personnel n'ont pas fait l'objet d'investigations suffisamment approfondies lors du prototypage du dispositif, compliquant ainsi l'interprétation des résultats. Le système d'information peut aussi se révéler lacunaire *a posteriori*, certaines préoccupations n'étant pas intégrées ou insuffisamment prises en considération au moment du choix des critères de mesure. C'est par exemple le cas du bien-être des porcs en croissance élevés sur caillebotis et des émanations gazeuses à la sortie des bâtiments. Par ailleurs, les interactions évoquées précédemment rendent parfois difficile l'interprétation des résultats, ce qui peut conduire à répéter les observations, augmentant ainsi les délais de réponse. Enfin, nous avons évalué la durabilité des systèmes d'élevage au regard de critères essentiellement techniques. La perception de l'élevage de porcs par la Société mériterait qu'on s'y arrête. A ce titre, le dispositif expérimental

développé à Crécom constitue un outil de choix pour aborder ces questionnements sociétaux. Il offre une grande diversité d'itinéraires techniques et a été conçu pour faciliter les visites. Ceci devrait permettre, en collaboration avec des sociologues, d'évaluer la perception *en situation* de cette diversité de systèmes par les différents acteurs de la Société.

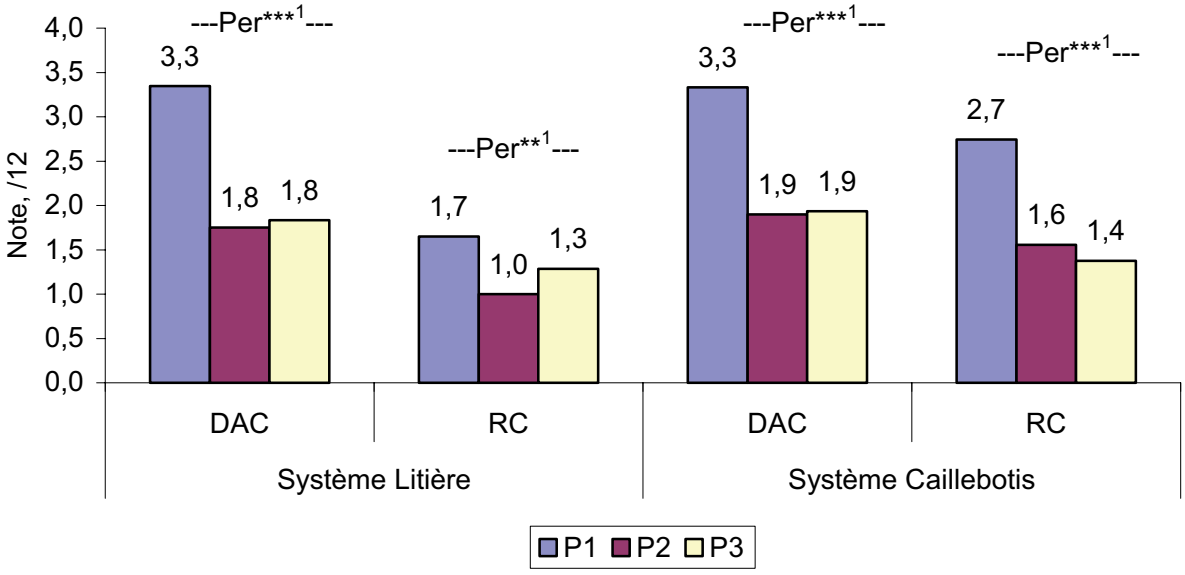
Annexes

Figure 1.1a - Incidence du stade de gestation sur la fréquence des lésions *Corps*.



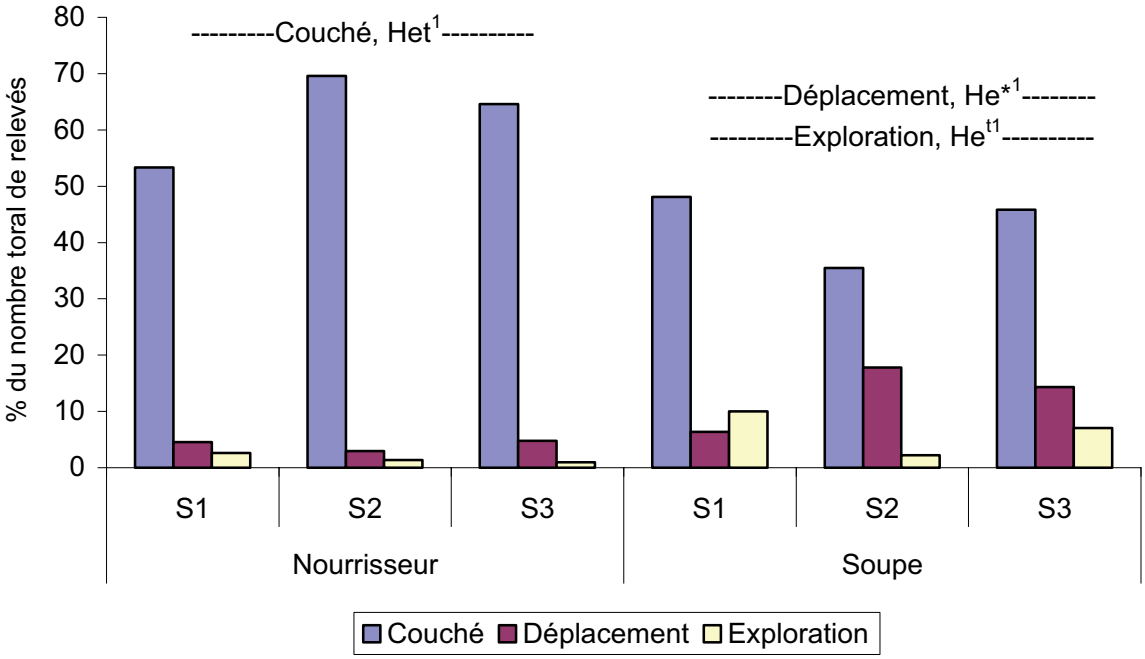
[1]Test du x2, effet du stade de gestation (Per).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
P1 : sevrage + 3 semaines ; P2 : sevrage + 9 semaines ; P3 : sevrage + 15 semaines.

Figure 1.2a - Incidence du stade de gestation sur la note de lésions *Corps*.



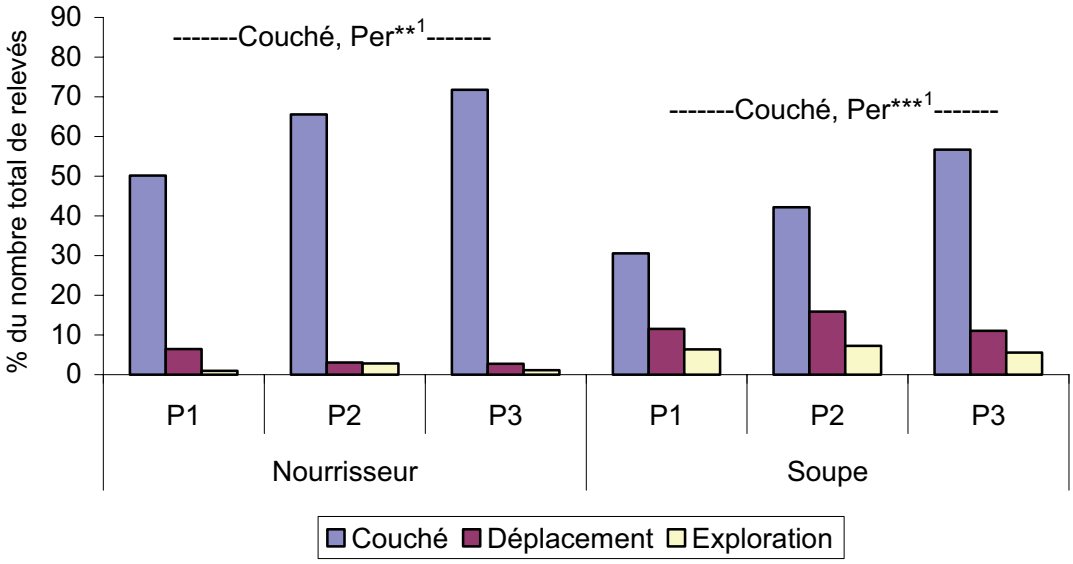
[1]Analyses de la variance avec l'effet de la période (Per).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
DAC : case de gestation équipée d'un distributeur automatique d'aliment ; RC : case de gestation composée de réfectoires et d'une courette.
P1 : sevrage + 3 semaines ; P2 : sevrage + 9 semaines ; P3 : sevrage + 15 semaines.

Figure 1.3a - Incidence du moment des observations pendant la journée sur l'activité des porcs charcutiers.



[1]Test du x2, effet du moment des observations (He).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
S1 : 9h00 – 10h00 ; S2 : 11h30 – 12h30 ; 14h30 – 15h30.

Figure 1.4a - Incidence de l'âge sur la posture des porcs charcutiers.



[1]Test du x2, effet de l'âge des animaux (Per).
*** : P<0,001, ** : P<0,01, * : P<0,05, t : P<0,10.
P1 : entrée engraissement + 3 semaines ; P2 : entrée + 7 semaines ; P3 : entrée + 10 semaines.

Figure 1.5a - Cœur muriforme observé sur une truie à l'occasion d'une autopsie (14/02/2008, n°62907, B2, RC2).



Références bibliographiques

Agreste, 2009. Production porcine en baisse pour 2009. Enquête cheptel de novembre-décembre 2008. Mars, 5 pp.

Agreste Bretagne, 2009. Tableau de l'agriculture bretonne. DRAFF Bretagne, 171 pp.

Aherne F.X., Kirkwood R.N., 1985. Nutrition and sow prolificacy. Journal of reproduction and fertility, suppl, 33, p 169-183.

Allaire G., Boyer R., 1995. La grande transformation de l'agriculture. Lectures conventionnalistes et régulationnistes. Editions INRA, Économie agricole et alimentaire, 444 pp.

Alphandery P., Bitoun P., Dupont Y., 1989. Les champs du départ. Une France rurale sans Paysans ? La Découverte, 329 pp.

André P., Enserink B., Connor D., Croal P., 2006. Participation publique. Principes internationaux pour une meilleure pratique. Publication spéciale, Fargo, International association for impact assessment (IAIA), Août, http://www.iaia.org/special-publications /SP4_fr.pdf.

Anonyme, 1990. La réforme de la PAC. Les dossiers de la Politique Agricole Commune. Ministère de l'agriculture et de la pêche, 2, 64 pp.

Anonyme, 1999. Bilan de la crise de la dioxine décelée dans des denrées d'origine animale en provenance de Belgique. Notre alimentation, 22, http://www.caducee.net/Fiches-techniques/Notrealimentation/dioxine.asp#.

Anonyme, 2000. Vers de nouvelles énergies. Cohérence pour un développement durable, Avril, 18, p 3.

Anonyme, 2001. Charte pour un développement pérenne de l'agriculture et de l'agroalimentaire en Bretagne incluant la reconquête de la qualité de l'eau. 12 pp.

Anonyme, 2009. First European Protocols Assessing Farm Animal Welfare. http://www.welfarequality.net/everyone/43148/9/0/22.

Anonyme, 2006. Comment fonctionne l'Union européenne ? L'Europe… Questions et réponses. Commission Européenne, Direction générale information, communication, culture, audiovisuel, 23 pp.

Anonyme, 2008a. Médicaments et environnement. Rapport de l'académie nationale de pharmacie. Septembre, 105 pp.

Anonyme, 2008b. Référentiel de Certification de Conformité viande et abats de porc. Cochon de Bretagne, CC01/08, 42 pp.

Anonyme, 2010. Les producteurs de porcs intensifient leurs regroupements. Agrapresse Hebdo, 22 février, http://www.agrapresse.fr/les-producteurs-de-porcs-intensifient-leurs-regroupements-art263791-4.html.

Ambolet B., Maumene J., 1981. Le blé dans le Nord-Bassin Parisien, trois niveaux d'intensification comparés. Perspectives agricoles, 53, p 14-21.

APCA, 2002. Cap 2010 : une agriculture durable pour des agriculteurs responsables. Edictions Chambres d'agriculture, 907, février, p 14-36.

Aarnink, A.J.A., D. Swierstra, A.J. van den Berg et L. Speelman. 1997. Effect of type of slatted floor and degree of fouling of solid floor on ammonia emission rates from fattening piggeries. Journal of agricultural engineering research, 66, p 93-102.

Barloy S., Cheveny C., Coppenet M., 1989. Eléments minéraux du sol. Exemple de la Bretagne. Fertilité et système de production. Editions INRA, 369 pp.

Barnett J.H., Hemsworth P.H., Cronin G.M., Jongman E.C., Hutson G.D., 2001. A review of welfare issues for sows and piglets in relation to housing. Australian journal of agricultural research, 52, p 1-28.

Basset-Mens C., van der Werf H.M.G., 2005. Scenario-based environmental assessment of farming systems: the case of pig production in France. Agriculture, Ecosystems and Environment, 105, 1-2, p 127-144.

Bazin G., Colson F., Boizard H., Cordellier S., Jumerl R., 1974. Les grandes unités de production porcine du Finistère. Editions INRA, 108 pp.

Begnaud F., Pérès C., Murat C., Lebost J., Berdagué J.L., 2004. Mise en place de nouvelles méthodes de caractérisation des atmosphères de porcherie. Journées de la recherche porcine en France, 36, p 39-46.

Beattie V.E., Walker N., Sneddon I.A., 1996. An investigation of the effect of environmental enrichment and space allowance on the behaviour and production of growing pigs. Applied animal behaviour science, 48, p 151-158.

Beattie V.E., O'Connell N.E., Moss B.W., 2000. Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. Livestock production science, 65, p 71-89.

Belzile M., Godbout S., Lemay S.P., Lavoie J., Lachance I., Pouliot F., 2006. Impact de la séparation fécès-urine sous caillebotis sur la qualité de l'air ambiant en porcherie. Journées de la recherche porcine en France, 38, p 21-26.

Benoît M., Papy F., 1998. La place de l'agronomie dans la problématique environnementale. Les dossiers de l'environnement de l'INRA, 17, p 53-73.

Blanchin J.Y., 2004. Insertion des bâtiments d'élevage dans le paysage et qualité architecturale. Rapport final du réseau thématique ACTA, référence 703017, mars, 27 pp.

Boinon J.P., Gomez S., Roux B., 2010. La prise en compte du développement durable dans la politique agricole française : analyse historique et institutionnelle. Maillefert M., Petit O., Rousseau S.. Ressources, territoires, patrimoines et développement durable. Editions Peter Lang. Sous presse.

Boissy A., Bouix J., Orgeur P., Poindron P., Bibé B., Le Neindre P., 2005. Genetic analysis of emotional reactivity in sheep : effects of the genotype of the lambs and their dams. Genetic selection evolution, 37, p 381-401.

Bonnevialle J.R., Jussiau R., Marshall E., 1989. L'approche globale de l'exploitation agricole. Comprendre le fonctionnement de l'exploitation agricole : une méthode pour la formation et le développement. Editions INRAP - Foucher, 329 pp.

Borch E., Nesbakken T., Christensen H., 1996. Hazard identification in swine slaughter with respect to foodborne bacteria. International journal of food microbiology, 30, p 9-25.

Borie P., 2009. Chronopart de la truie en élevage, effet de la durée de mise bas sur quelques paramètres physiologiques et biochimiques. Thèse, 112 pp.

Bourdon D., Henry Y., 1991. Réponse du porc en finition à la supplémentation du régime en lysine, en fonction du niveau de rationnement et selon le sexe. Journées de la recherche porcine en France, 23, p 111-118.

Bourgeat E., Le Vezouet T., Serain ME., 1992. Etat actuel et perspectives d'évolution des pratiques d'encadrement technique et économique des élevages porcins. Editions CEREOPA, 91 pp.

Bourgeat E., 1997. Porc et filière porc : jeux et enjeux. Recueil des supports visuels. INA-PG.

Bourguignon C., 2010. Les élevages porcins aux normes européennes. Agriculteurs de France, 187, p 21.

Broom D.M., Mendl M.T., Zanella A.J., 1995. A comparison of the welfare of sows in different housing conditions. Animal science, 61, p 369-385.

Brugère-Picoux J., 1995. Aspects actuels des encéphalopathies spongiformes transmissibles animales. XXII Symposium national de médecine agricole : maladie à prions animales et humaines, 1er juin.

Calvar C., 2009. Label rouge, label rouge fermeir, porc biologique : des niches, des exigences, des motivations. Quels élevages de porcs en 2020 ? Faire face aujourd'hui aux enjeux de demain. Atout porc Bretagne, hors série, novembre, p 37-42.

Canevet C., 1992. Le modèle agricole breton. PUR, 397 pp.

Capillon A., Fleury A., 1986. Conception d'itinéraires techniques respectant la diversité des exploitations agricoles : les enseignements d'un essai. Bulletin technique d'information, Ministère de l'agriculture, 408, p 281-294.

Cariolet R., 1986. Bilan de 10 années d'utilisation de porcs Exempts d'Organismes Pathogènes Spécifiques (EOPS) à la station de pathologie porcine de Ploufragan. Journées de la recherche porcine, 18, p 321-330.

Cariolet, R., 1991. Etude des postures en phase de repos chez des truies bloquées en gestation : Relation entre la largeur de la stalle et la pathologie de la mise bas. Journées de la recherche porcine en France, 23, p 189-194.

Cariolet R., Marie P., Moreau G., Robert H., 1994. Rappel des différentes méthodes d'obtention de porcelets assainis : conditions de maintien du statut sanitaire et valorisation de ces animaux. Journées de la recherche porcine en France, 26, p 1-12.

Cariolet R., 1996. Evaluation du bien-être chez la truie gestante bloquée : relation entre le bien-être et la productivité numérique. CNEVA, département santé et protection animale, mémoire de fin d'étude ENSAIA, 122 pp.

Cariolet R., Callarec J., Dutertre C., Julou P., Pirouelle H., Le Gall L., Madec F., Caugant A., 2000. Validation et gestion d'unités protégées en élevage porcine. Journées de la recherche porcine en France, 32, p 25-32.

Cariolet R., Keranflec'h A., Larour G., Grasland B., Gautier M., Marois C., Paboeuf F., 2010. Importance de la mise en place et du respect des règles de biosécurité

dans le maintien du statut sanitaire de l'élevage de Crécom. Journées de la recherche porcine en France, 42, p 255-256.

Casal J., Manuel-Léon A., Mateu E., Martin M. 2002. Evaluation du risque de certaines maladies des exploitations de porcs en fonction de mesures de biosécurité. Epidémiologie et santé animale, 42, p 89-93.

Castaing J. Chatelier C., 1990. Incidence de l'alimentation en soupe des porcelets en post-sevrage et mesure de l'arrière effet en engraissement. Résultats d'un essai concerté dans le cadre de GEAPORC. Journées de la recherche porcine en France, 22, p 111-118.

Cavailhès J., Bonnemaire J., Raichon C., 1987. Caractères régionaux de l'histoire de l'élevage en France. Editions INRA, 636 pp.

Cederberg C., Flysjö A., 2004. Environmental Assessment of Future Pig Farming Systems - Quantifications of Three Scenarios from the FOOD 21 Synthesis Work. SIK-rapport 723, p 1-54.

Chambres d'agriculture de Bretagne, 2001a. Les résultats technico-économiques des élevages porcins en Bretagne. Editions Chambres d'agriculture, 6 pp.

Chambres d'agriculture de Bretagne, 2001b. Reconstruction de la station régionale porcine de Crécom : l'esprit d'ouverture. Editions Chambres d'agriculture, 34 pp + annexes.

Chambre d'agriculture de Bretagne, 2002. Station régionale porcine de Crécom. Demande de restructuration et de mise en conformité de deux installations classées pour la protection de l'environnement. Déclaration pour une installation classée pour la protection de l'environnement. Editions Chambres d'agriculture, 97 pp + annexes.

Chambres d'agriculture de Bretagne, 2003. Les dépenses de santé 2001 dans les élevages porcins bretons. Editions Chambres d'agriculture, 45 pp.

Chambres d'agriculture de Bretagne et IFIP, 2008. Maîtrise de la ventilation et du chauffage en porcherie, éléments fondamentaux et aspects pratiques. Editions Chambres d'agriculture, 53 pp.

Chambres d'agriculture de Bretagne et IFIP, 2010. Résultats porcs Bretagne. Editions Chambres d'agriculture, 6 pp.

Chambres d'agriculture de Bretagne, 2010. Les dépenses de santé dans 89 élevages naisseur-engraisseur. Editions Chambres d'agriculture, 48 pp.

Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor, 1998. Station régionale porcine de Crécom. Demande d'autorisation d'exploiter un élevage de porcs classé pour la protection de l'environnement. Etude d'impact et étude des dangers. Editions Chambres d'agriculture, avril, 89 pp.

Chambre d'Agriculture des Côtes-d'Armor, 1986. Recueil statistique entre 1970 et 1985. Editions Chambres d'agriculture, 47 pp.

Chambre régionale d'agriculture de Bretagne, 2010. Agriculture et agroalimentaire en Bretagne, les chiffres clés 2009. Editions Chambres d'agriculture, 23 pp.

Chauvel J., Castaing J., Chastanet J.P., Latimier P., 1992. Intérêt du rationnement des porcs charcutiers. Résultats de 4 essais coordonnés. Journées de la recherche porcine en France, 24, p 207-212.

Chartier A., Porcher J., 2009. Influence des conditions d'élevage en plein air sur le comportement des truies gestantes. Journées de la recherche porcine en France, 41, p 237-238.

Chauvel J., Granier R., 1996. Incidence de l'utilisation d'aliments à taux azotés décroissants sur les performances zootechniques et les rejets du porc charcutier. Journées de la recherche porcine en France, 26, p 97-106.

Chatelier C., 1991. Mode d'alimentation des porcelets en post-sevrage : Mesure de l'arrière effet sur les performances d'engraissement. Résultats d'un essai concerté dans le cadre de GEAPORC. Journées de la recherche porcine en France, 23, p 35-40.

Chatelier V., Guyomard H., 2010. Le bilan de la santé de la PAC et France, une profonde redistribution budgétaire ? OECD Conférence, Paris, 10-11 march.

Chevance A., Moulin G., 2009. Suivi des ventes de médicaments vétérinaires contenant des antibiotiques en France en 2007. AFSSA-ANMV, février, 38 pp.

Collinge J., Palmer M.S., Sidle K.C.L., Hill A.F., Gowland I., Meads J., Asante E., Bradley R., Doey L.J., Lantos P.L., 1995. Unaltered susceptibility to ESB in transgenic mice expressing human prion protein. Nature, 378, p 779-783.

Colson F, 1984. Les états généraux du développement agricole et la production porcine. Journées de la recherche porcine en France, 16, p 13-24.

Colson F., Jehanno J., Dagorn J., Rousseau P., Teffène O., Berger Y., Bonsaquet C., Davoult G. , 1985a. Aspects techniques de l'élevage porcin en 1981. Etudes SCEES, 242, 90 pp.

Colson F., Jehanno J., Vigne A., Bonsaquet C., Davoult G., 1985b. Structure de la production porcine en 1981. Etudes SCEES, 241, 72 pp.

Commandeur M., Le Guen R., Dourmad J.Y., Casabianca F., 2006. La diversité des styles d'élevages porcins : une approche dans les Côtes d'Armor. Journées de la recherche porcine en France, 38, p 247-254.

Coppenet M., Golven J., Simon JC., Le Corre L., Le Roy M., 1993. Evolution chimique des sols en exploitations d'élevage intensif : exemple du Finistère. Agronomie, 13, p 77-83.

Corpen, 1996. Estimation des rejets d'azote et de phosphore des élevages de porcs. Impact des modifications de conduite alimentaire et des performances zootechniques. Ministère de l'agriculture, de la pêche et de l'alimentation – Ministère l'environnement. Janvier, 23 pp.

Corpen, 2003. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs. Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections produites. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales – Ministère de l'écologie et du développement durable. Mai, 41 pp.

Corre Y., 2008. Bretagne Eau pure, un programme critiqué. www.letelegramme.com/ig/dossiers/eau/bretagne-eau-pure-un-programme-critique-30-12-2008-183931.php.

Corre, Y., 2011. Environnement. La campagne qui choc. Le Télégramme, 15 février, p 11.

Corrégé I., Anne Hémonic A., Gouvars B., 2009. Conditions d'élevage associées à la séroprévalence salmonelles des porcs en fin d'engraissement. Journées de la recherche porcine en France, 41, 35-42.

Courboulay V., Gaudré D., 2002. Faut-il distribuer des aliments enrichis en fibres aux truies en groupe ? Journées de la recherche porcine en France, 34, p 225-232.

Courboulay V., 2005. Conséquences d'une augmentation de la surface par animal sur les performances, les lésions et le comportement du porc à l'engrais. Journées de la recherche porcine en France, 37, 465-470.

CRP, 2008. Le porc en Bretagne, les chiffres clés de la filière en 2007. 39 pp.

CRP, 2010. Le porc en Bretagne, les chiffres clés de la filière en 2009. 40 pp.

Curtis, S.E., 1996. Effects of environmental design on the pigs voluntary feed intake. Proc. pork industry conference. University of Illinois, Urbana, p 60-73.

Dagnélie P., 1993. Principes d'expérimentation. Les presses agronomiques de Gembloux, ASBL. 182 pp.

Dantzer R., 2001. Comment les recherches sur la biologie du bien-être animal se sont-elles construites ? Les animaux d'élevage ont-ils droit au bien-être ? Editions INRA, p 85-103.

Davies A.S., Pearson G., Carr J.R., 1980. The carcass composition of male, castrated male and female resulting from two levels of feeding. Journal of agricultural science, 95, p 251-259.

Davies J. 1994. Inactivation of antibiotics and the dissemination of resistance genes. Science, 264, p 375-382.

Davoult G., Parain G., 1981. Douze ans de statistiques relatives à la production porcine 1968-1979. Etudes SCEES, 199, 166 pp.

Dedieu B., Louault F., Tournadre H., Benoit M., De Montard F.X., Thériez M., Brelurut A., Toporenko G., Pailleux J.Y., Teuma J.B., Liénard g., 2002. Conception de systèmes d'élevage intégrant des préoccupations environnementales : contribution d'une expérimentation système de production ovin viande. Rencontre recherche ruminants. 9, p 301-394.

Dedieu B., Faverdin P., Dourmad J.Y., Gibon A., 2008. Système d'élevage, un concept pour raisonner les transformations de l'élevage. INRA productions animales, 21 (1), p 45-58.

Dedieu B., Ingrand S., 2010. Incertitude et adaptation : cadres théoriques et applications à l'analyse de la dynamique des systèmes d'élevage. INRA productions animales, 23(1), pp. 81-90.

De Gasquet O., 2002, Comprendre notre agriculture et la PAC. Stratégies, vérités et mensonges de 1945 à nos jours. Vuibert éditions, 226 pp.

De Haan C., Steinfeld H., Blackburn H., 1997. Livestock-Environment interactions, issues and options. CECFAO-WB, 56 pp.

Delaunay I., Mérour I., 2006. Gestion de la variabilité génétique au sein des populations collectives porcines : nouveaux enjeux et premières actions. Journées de la recherche porcine en France, 38, 137-142.

De Leeuw J.A., Ekkel E.D., 2004. Effects of feeding level and the presence of a foraging substrate on the behaviour and stressphysilogical response of individually housed gilts. Appl. Animal Behaviour science, 86, p 15-25.

de Rosnay J., 1977. Le macroscope. Editions du Seuil, Collection Points, 305 pp.

Diren Bretagne, 2010. L'eau en Bretagne, bilan 2010. http://www.bretagne.ecologie.gouv.fr

Diry J.P., 1985. L'industrialisation de l'élevage en France. Editions Ophrys, 680 pp.

Dobremez L., Bousset J.P., 1996. Rendre compte de la diversité des exploitations agricoles, une démarche d'analyse par exploitation conjointe de sources statistiques, comptables et technico-économiques. Gestion du territoire, 17, Editions CEMAGREF, 318 pp.

Douguet G., 2010. Bilans comptables CER, une année en demi-teinte. Réussir porcs, avril 2010, n°170, p 50-51.

Dourmad J.Y., Etienne M., Prunier A., Noblet J., 1994. The effect of enregy and protein intake of sows on their longevity : a review. Livestock production science, 40, p 87-97.

Dourmad J.Y., 2000. L'élevage des porcs en France : une production industrielle ? Idées reçues et réalités. INRA mensuel, 107, 39-43.

Dourmad J.Y., Étienne M., Noblet J., 2001. Mesurer l'épaisseur de lard dorsal des truies pour définir leurs programmes alimentaires. INRA productions animales, 14, p 41-50.

Dron D., Pujol JL., 1999. Agriculture, monde rural et environnement : qualité oblige. La documentation française, 589 pp + annexes.

Dubois A., Maupertuis F., Boulestreau A.L., Chevillon P., Minvielle B., 2005. Post-sevrage et engraissement sur litière paillée accumulée : 6 années d'expérience à la station porcine des Trinottières. TechniPorc, vol. 28, 2, p 15-24.

Dumont R., 1956. Voyage en France d'un agronome. Editions Génin, 485 pp.

Dumortier J., Jegou J.Y., Callarec J., Toulrastel P., Quillien J.P., 1996. Volumes et rejets en azote, phosphore et potasse dans quatre élevages porcins. Editions Chambres d'agriculture de Bretagne, 68 pp + annexes.

Durrell J., Sneddon I.A., Beattie V.E., 1997. Effects of enrichment and floor type on behaviour of cubicle loose-housed dry sows. Animal welfare, 6, p 297-308.

EFSA, 2008. Report of the Task Force on Zoonoses Data Collection on the Analysis of the baseline survey on the prevalence of Salmonella in slaughter pigs, in the EU, 2006-2007. The EFSA Journal, 135, p 1-111.

Espagnol S., Lagadec S., Salaün Y., 2009. Première estimation de l'empreinte carbone de la production porcine au portail de la ferme. TechniPorc, vol. 32, 4, p 25-34.

FEDESA, 1999. Antibiotics for animals. A FEDESA perspective on Antibiotics. Animal health and the resistance debate. 8 pp.

Février R., 1986. 1946-1986, quarante ans de recherche agronomique. Editions INRA, p 21-36.

FNCBV 1974. Analyse des groupements. Assemblée générale de la section nationale des groupements de producteurs de porcs.

Fouilleux E., 2003. La Politique Agricole Commune et ses réformes, une politique européenne à l'épreuve de la globalisation. Editions L'Harmattan, 404 pp.

Forestier P., 1979. Où en est l'élevage porc de Crécom. Elevage et rentabilité, juin, p 6-7.

Fraser D., 1975. The effect of straw on the behaviour of sows in tether stalls. Animal production, 21, p 59-68.

Fuller M.F, 1985. Sex differences in the nutrition and growth of pigs. Recent developments in pig nutrition. Editions Cole D.J.A. and Haresign W., p 177-189.

Gaudré D., 2008. Caillebotis intégral ou litière paillée. Comparaison des performances zootechniques en engraissement. TechniPorc, vol. 21, 2, p 13-18.

Garrigues M., 1974. L'établissement départemental de l'élevage (EDE) et le développement agricole en France. Économie rurale, 99-100, p 65-67.

Gérard C., 2005. Les pays avancent à vitesse variable vers la directive salmonelles. Réussir porcs, février, 113, p 42-43.

Gérard C., 2007. Jambon cuit Label rouge : les vente ont chuté de moitié. Réussir porcs, juin, 139, p 6-7.

Gérard C., 2010. Un poulailler transformé en gestante sur paille. Réussir porcs, février, 168, p 36-37.

Gill P., Beal J., Cain P., Chennells D., Davies R., Demmers T., Edwards S., Heath P., Hillman K., Hunt B., Matthews K., Mac Tiffin P., Owen M., Penlington N., Quinn T., Sage M., Scott K., Taylor L., Thompson J., Tingey J., Weigleb B., Wiseman J., 2005. Finishing pigs systems research production, trial 1 to 4. Meat and livestock commission, 174 pp.

Godbout S., 2006. Évaluation technico-économique d'un système de séparation liquide/solide des déjections à la source dans un bâtiment porcin et les impacts sur l'environnement - Volet II. Rapport final, IRDA, 67 pp.

Golven J., 1974. L'établissement départemental de l'élevage (EDE) et le développement agricole en France. Économie rurale, 99-100, p 69-70.

Gourmelen C., Latouche K., Chevillon P., 2006. Bien-être du porc, le point de vue de l'économiste de l'élevage. Bulletin académique vétérinaire, tome 159 (3), juillet, p 205-212.

Granier R., Texier C., 1993. Production du lisier de porc à l'engrais : quantité et qualité. TechniPorc, vol. 2, 16, p 23-31.

Granjon F., 1996. Vers la complexité. Mémoire DEA infoCom, Université de Rennes II – Haute Bretagne, 120 pp + annexes.

Griffon M., 2010. Association internationale pour une agriculture écologiquement intensive. http://www. Aei-asso.org/qui/index.php

Groenstein C.M., 1994. Ammonia emission from pig houses after frequent removal of slurry with scrapers. XII world congress on agricultural engeneering, Milano, p 543-550.

Guibé J., Manfrédi A., Porry J.L., Travers J.M., 2004. Rapport du Comité permanent de coordination des inspections sur l'avenir de la filière porcine française. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales. 36 pp.

Guingand N., 1999. Nuissance olfactives : de la porcherie à l'épandage. Ingénéries, EAT, 20, p 69-74.

Guyomard P., 1993. Ingénieurs de la vie. Spécial Bretagne. Cahier des ingénieurs agronomes INA PG, supplément au 427, 128 pp.

Guyomard P., 2010. Entretien avec l'intéressé.

Hacala S., Dolle J.B., Le Gall A., 1999. Lisier ou fumier : quelle chaîne choisir de l'étable au champ. Journée technique « Les éleveurs de ruminants, acteurs de la qualité de l'eau », 26 octobre, Paris.

Hacker R.R., Ogilvie J.R., Morrison W.D., Kains F., 1994. Factors affecting excretory behavior of pigs. Journal animal science, 72, p 1455-1460.

Haeghebaert S., Le Querrec F., Bouvet P., Gallay A., Espié E., Vaillant V., 2002. Toxi-infections alimentaires collectives en France en 2001. BEH, 50, p 249-253.

Hemsworth P.H., Price E.O., Borgwardt R., 1996. Behavioural responses of domestic pigs and cattle to humans and novel stimuli. Applied animal behaviour science, 50, p 43-56.

Hendriks H.J.M., van de Weerdhof A.M., 1999. Dutch notes on BAT for pig and poultry intensive livestock farming. Information centre for environmental licensing, The Netherlands.

Hill W., 1978. How reliable is CPE ? Pig farming, february, p 40-43.

Huet F.R., Rousseau P., Salaün Y., 2003. Bâtiments d'élevage porcin et environnement. Analyse de l'enquête du 1er novembre 2001 réalisée par le service central des enquêtes et d'études statistiques (SCEES). Rapport d'étude ITP/OFIVAL, 140 pp.

IFIP, 2000. Memento de l'éleveur de porcs. Editions IFIP, 374 pp.

IFIP, 2006. Les consommations énergétiques dans les bâtiments porcins. Editions IFIP, 6 pp.

IFIP, 2010. Le porc par les chiffres 2009, la filière porcine en France, dans l'UE et dans le monde. 46 pp.

Illari E., Daridan D., Fraysse, J.L., Fraysse J., 2003. Typologie des exploitations françaises ayant des porcs : méthodologie, analyse statistique et premiers résultats. Journées de la recherche porcine en France, 35, 187-194.

INAPORC, 2010. VPF : Viande de porc française, 90% des éleveurs engagés. http://www.villageducochon.com/gazette/04_report_05_1.htm;

Janczak A.M., Pedersen L.J., Rydhmer L., Bakken M., 2003. Relation between early fearand anxiety-related behaviour and maternal ability in sows. Applied Animal Behaviour Science, 82, p 121-135.

Jarrige R., 1986. Essai d'histoire des recherches zootechniques. In : 1946-1986, Quarante ans de recherche agronomique. Editions INRA, p 101-121.

Jaulin F., 2000. Vers la mise en place d'une filière porcine durable. Cohérence, 23, p 3-5.

Jensen K.H., Sorensen L.S., Bertelsen D., Pedersen A.R., Jorgensen E., Nielsen N.P., Vestergaard K., 2000. Management factors affecting activity and agression in dynamic group-housing systems with electronic sow feeding : a field trial. Animal science, 71, p 535-545.

Katerji N., Bruckler L., Debaeke P., 2002. L'eau, l'agriculture et l'environnement ; analyse introductive à une réflexion sur la contribution de la recherche agronomique. Le Courrier de l'environnement de l'INRA, 46, p 39-50.

Kopp J., 1977. Etude du phénomène de « marée verte » affectant les baies de Lannion et de Saint-Brieuc. II – Complément d'étude portant sur les prédateurs éventuels de l'algue verte Ulva lactuca. Institut scientifique et technique des pêches maritimes, 10 pp.

Kranendonk G., van der Mheen H., Fillerup M., Hopster H., 2007. Social rank of pregnant sows affects their body weight gain and behavior and performance of the offspring. Journal of animal science, 85, 420-429.

Lagadec et Boulestreau-Boulay, 2007. Consommations énergétiques liées aux élevages de porcs sur litière. Editions Chambres d'agriculture des Pays de la Loire, 4 pp.

Laligant D., Rimoux D., Dutertre C., 2002. Performances technico-économiques comparées de la litière et du caillebotis intégral en engraissement. TechniPorc, Vol. 25, 6, p 15-18.

Lammaerink M.P., Wolfers I., 1998. Approches participatives pour le développement durable. Exemples d'Afrique, d'Amérique latine et Asie. Editions Karthala-IPD, 209 pp.

Lamotte M., 1995. A propos de la biodiversité. Courrier de l'environnement de l'INRA, 24, p 5-40.

Lançon J., Wery J., Rapidel B., Angokaye M., Gérardeaux E., Gaborel C., Ballo D., Fadegnon B., 2007. An improved methodology for integrated crop management systems. Agronomy for sustainable development, 27, 1, p 101-110.

Landais E., 1996. Elevage bovin et développement durable. Le courrier de l'environnement de l'INRA, 29, p 59-72.

Landais E., Bonnemaire J., 1996. la zootechnie, art ou science ? entre nature et Société, l'histoire exemplaire d'une discipline finalisée. Le courrier de l'environnement de l'INRA, 27, p 23-44.

Landais E., Deffontaines J.P., 1988. Les pratiques des agriculteurs. Points de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique. Etudes rurales, 109, p 125-158.

Lardon S., Houdart M., Cournut S., Gouttenoire L., Hostiou N., Taverne M., 2010. Recherches participatives sur les exploitation agricoles et les territoires : des démarches innovantes. ISDA, Montpellier, 28-30 juin.

Larour G., Cariolet R., Keranflec'h A., 2008. Station de Crécom deux ans après, un bilan respiratoire très positif. Atout porc Bretagne, 48, p 4-5.

Latimier P., 1975. Un élevage de porcs à Crécom, pourquoi ? Comment ? Elevage et rentabilité, avril, p 6-7.

Latimier P., Gallard F., Corlouër A., 1996a. Actualisation des volumes et des qauntités d'azote, de phosphore et de postasse rejetés dans le lisier par un élevage naisseur-engraisseur. Editions Chambres d'agriculture, 49 pp + annexes.

Latimier P., Gallard F., Corlouër A., 1996b. Actualisation des volumes et des qauntités d'azote, de phosphore et de postasse rejetés dans le lisier par un élevage naisseur-engraisseur. Journées de la recherche porcine en France, 28, p 241-248.

Lebret B., Massabie P., Granier R., Juin H., Mourot J., Chevillon P., 2002. Influence of outdoor rearing and indoor temperature on growth performance, carcass, adipose tissue and mucle traits in pigs, and on the technological and eating quality of dry-cured hams. Meat science, 62, p 447-455.

Lebret B., Meunier-Salaün M.C., Foury A., Mormède P., Dransfield E., Dourmad J.Y., 2006. Influence of rearing conditions on performances, behavioral, and physiological responses of pigs to preslaughter handling, carcass traits, and meat quality. Journal animal science, 84, p 2436-2447.

Le Borgne M., 1978. La conduite en bandes, 10 ans après. Elevage et rentabilité, janvier, p 6-7.

Lebreton C., 2001. Le compromis breton. Contribution de Claudy Lebreton, Président du Conseil Général des Côtes d'Armor, 7 pp.

Le Douar J., 1998. A la ferme expérimentale de la chambre d'agriculture. Porc : le « modèle breton contesté ». Ouest-France, 13 juin.

Le Douar J., 2001. Porc : idée d'un compromis breton. Ouest-France, 24 janvier.

Le Gall A., Chambaut H., Cabaret M.M., 1998. Bilan de l'azote en exploitation laitière : méthodes, résultats et voies d'amélioration. Colloque Futur-Azote. Chambres d'agriculture de Bretagne, 3 février, p 37-44.

Le Gall F., 2010. Fournisseurs - Distributeurs, la loi du plus fort prime. Le Télégramme, 14 mai.
http://www.letelegramme.com/ig/generales/economie/fournisseurs-distributeurs-la-loi-du-plus-fort-prime-14-05-2010-913338.php

Legault C., 1992. L'amélioration génétique en France : le contexte et les acteurs - Le Porc. INRA productions animales, hors série Eléments de génétique quantitative et applications aux populations animales, p 25-33.

Legay J.M., 1997. L'expérience et le modèle. Un discours sur la méthode. Sciences en questions, Editions INRA, 112 pp.

Legendre V., 2008. Les déterminants de la consommation de porc en France : effets économiques, attentes et perceptions des consommateurs. Journées de la recherche porcine en France, 40, p 69-78.

Leveneu P., Fablet C., Robert F., Pommier P., Josso J.P., 2003. Relations entre réactions comportementales et productivité chez la truie. Étude et validation d'un test dans 24 élevages. *Revue de médecine vétérinaire*, **7**, p 469-476.

Le Mercier J., 1970. Les truies attachées… un an après. Elevage rentabilité, février, 34, p 4.

Le Moan L., Pichodo X., Roy H., Quinio P.Y., Kerguillec E., Le Borgne M., Le Cozler Y., Pellois H., Bartolomeu, D., Donet P., Sallard, R., 2003. Temps de travail en élevage porcin. Editions Chambre d'agriculture de Bretagne et des Pays de la Loire, 41pp.

Le Moigne J.L., 1984. La Théorie du système général. Editions PUF, 320 pp.

Le Moigne J.L., 1990. La modélisation des systèmes complexes. Editions DUNOD, Paris, 178 pp.

Le Moigne J.L., 1995. Le constructivisme. T2 : des épistémologies. Editions ESF, 191 pp.

Lenoir H., Luquet M., Mercat M.J., 2002. Effectifs et performances de reproduction des 5 races locales porcines françaises. TechniPorc, vol. 25, n°5, p 25-30.

Lavasseur P., Courboulay V., Meunier-Salaün M.C., Trespeuch P., De Denmat M., 1996. Alimentation automatisée des porcs en finition. Effet du rationnement, du sexe et du statut hiérarchique sur des paramètres descriptifs du comportement alimentaire et sur le niveau d'agressivité. Journées de la recherche porcine en France, 28, p 439-444.

Levasseur P., 1998. Composition et volume de lisier produit par le porc, données bibliographiques. TechniPorc, vol. 21, 4, p 17-24.

Levasseur P., Texier C., 2001. Teneurs en éléments traces métalliques des aliments et des lisiers de porcs à l'engrais, de truies et de porcelets. Journées de la recherche porcine en France, 33, p 57-62.

Léonard J., Le Bissonnais Y., Andrieux P., Darboux F., 2009. L'érosion, un acteur majeur de la dégradation des sols et de l'environnement. Editions QUAE, 183 pp.

Lilja N., Bellon M., 2008. Some common questions about participatory reserch : a review of the literature. Development in practice, 18, 4-5, 479-488.

Limantour F., 2010. Porcs, 600 producteurs bretons vont quitter le métier. Le télégramme, 23 décembre.

Linguenheld M., 1971. Evolution du marché et des structures de production porcine. Économie rurale, 90, p 7-13.

Lossouarn A., Le Bris B., Bannier G., 2011. Stations de traitement : coûts de fonctionnement en période de croisière. Atout porc Bretagne, 64, p 14-16.

Lossouarn J., Desenhaus C., 1999. Une station expérimentale en élevage agrobiologique à Crécom : opportunité et faisabilité ? Rapport d'audit, avril, 50 pp.

Louédoc J.P., 2009. Maternité de truies : la controverse de Trébrivan. Ouest-France, www.ouest-France.fr/actu/AgricultureDet_-Maternite-de-truies-la-controverse-de-trebrivan-_3640-854944_actu.Htm.

Loyat J., 2005. Politique agricole commune et modèles de développement de l'agriculture. Revue en ligne : www.etudes-europeennes.fr, 2, juillet.

Lyons C.A.P., Bruce J.M., Fowler V.R., English P.R., 1995. A comparison of productivity and welfare of growing pigs in four intensive systems. Livestock production science, 43, p 265–274.

Madec F., 1985. La consommation d'eau chez les truies gestantes en élevage intensif. Journées de la recherche porcine en France, 17, p 223-236.

Magné, A., 1985. L'abreuvement des porcs. Mémoire de fin d'étude ENSAT, 116 pp.

Mahé J.P., 1975. La production porcine actuelle et la crise en Bretagne. Économie rurale, 109, p 16-28.

Mainsant P., 2001. Segmentation par la qualité : les certifications de conformité des produits se sont imposées en porc. Viandes et produits carnés, vol. 22 (5), p 157-160.

Marouby H., 2006. Comment appréhender la compétitivité en viande porcine ? Regards sur les coûts et les marchés. 6ème journées productions porcines et avicoles. Actes de colloque. Quel avenir pour le porc et la volaille en Wallonie ? 8 novembre.

Marshall E., Bonneviale J.R., Francfort I., 1994. Fonctionnement et diagnostic global de l'exploitation agricole, une méthode interdisciplinaire pour la formation et le développement. Editions ENSAD, 173 pp.

Martin C., 2009. Bretagne : ce rapport confidentiel sur les algues vertes qui accable les agriculteurs. Le Point. http://www.lepoint.fr/actualites-societe/2009-10-21/algues-vertes-ce-rapport-confidentiel-qui-accable-les-agriculteurs/920/0/387492.

Massabie P., Granier R., Rousseau P., 1991. Incidence du débit minimum de ventilation et de la qualité de l'air sur l'état de santé et les performances zootechniques du porcelet sevré et du porc à l'engrais. Journées de la recherche porcine en France, 23, p 11-20.

Massabie P., Granier R., 1996. Incidence d'un faible débit de ventilation sur la qualité de l'air, l'état de santé et les performances zootechniques du porc à l'engrais élevé à 24°C. Journées de la recherche porcine en France, 28, p 201-208.

Massabie P., 2001. L'abreuvement des porcs. TechniPorc, vol. 24, 6, p 9-14.

Massabie P., 2001. Incidence des paramètres d'ambiance sur les performances zootechniques du porc charcutier. Editions IFIP, 16 pp.

Massabie P., Granier R., 2003. Comparaison de deux densités animales en porcherie d'engraissement pour une température ambiante de 20 ou 24 °C. Journées de la recherche porcine en France, 35, p 171-178.

Massabie P., Granier R., 2004. Incidence de la réduction de la densité animal en engraissement sur la qualité de l'ambiance et son impact sur les performances. Journées de la recherche porcine en France, 36, p 395-402.

Massabie P., 2009. Les coûts des bâtiments en 2008. TechniPorc, vol. 32, 3, p 35-36.

Masson I.L., 1988. A world dictionary of livestock breeds types and varieties. CAB international, 348 pp.

Matte J.J., Robert S., Girard C.L., Farmer C., Martineau G.P., 1994. Effect of bulky diets based on wheat bran or oat hulls on reproductive performance of sows during their first two parities. Journal of animal science, 72, p 1754-1760.

McGlone J.J., Newby B.E., 1994. Space requirements for finishing pigs in confinement, behaviour and performance while group size and space vary. Applied animal behaviour science, 39, p 331-338.

Mendras H., 1995. Les Sociétés paysannes (nouvelle édition). Folio Histoire, Gallimard, 368 pp.

Meungy Y., 1968. Doit-on engraisser nos porcelets en Bretagne ou les expédier dans les régions céréalières ? Elevage rentabilité, 11, p 3.

Menguy Y., 1969. Les gestantes attachées. Elevage rentabilité, 21, p 3.

Menguy, Y., 1969. Conduite d'un élevage de truies par bandes. Elevage et rentabilité, 31, p 7-8.

Menguy Y., 1981. Le centre d'exposition de porcheries de Trévarez. Elevage et rentabilité, 175, p 4-5.

Meunier-Salaün M.C., Courboulay V., Père M.C., Pol F., Quesnel H., 2002. Elevage des truies gestantes en groupe : acquis et perspectives de recherches. Journées de la recherche porcine en France, 34, p 239-247.

Meynard J.M., Reau R., Robert D., Saulas P., 1996. Evaluation expérimentale des itinéraires techniques. Comité Potentialités-ACTA-Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation (DERF), p 63-70.

Montel B., 2001. Environnement et changement des pratiques dans des élevages bretons : intérêt des systèmes de management environnemental. Thèse INA PG, 184 pp.

Morin E., 2008. La méthode. Collection Opus, Editions du Seuil, 2500 pp.

Moubarek C., Bourgeois N., Doucet-Populaire F., 2003. L'utilisation des antibiotiques en pratique vétérinaire et ses risques pour la santé humaine. Environnement risques santé, 2, p 97-104.

Neilson, S., 1996. Bovine Spongiform Encephalopathy (BSE), or mad cow desease. http1.brunel.ac.uk:8080/~hssrsdn/bse.article.htm.

Neveu L., 1998. Plan de développement durable : une approche économique, environnementale, humaine. Elevage et rentabilité, 349, p 2-5.

Noblet J., Shi W.S., Fortune H., Dubois S., Lechevestrier Y., Corniaux C., Sauvant D., Henry Y., 1994. Teneurs en énergie nette des aliments chez le porc. Mesure, prédiction et validation aux différents stades de sa vie. Journées de la recherche porcine en France, 26, p 235-250.

Nolot J.M., 2002. Systèmes de grandes cultures intégrés, principes et outils de conception, conduite et évaluation. Le courrier de l'environnement de l'INRA, 47, octobre, p 15-26.

Nolot J.M., Debaeke P., 2003. Principes et outils de conception et évaluation de systèmes de culture. Cahiers agricultures, vol. 12, 6, p 387-400.

Oldigs B., Schlichting M.C., Ernst E., 1992. Proceedings 23 rd International conference on applied ethology in livestock, Freiburg im Bresisgau, Germany, 21-23 novembre, 351, p 109-120.

Ollier P., Gaubert J., 2010. Rapport d'information déposé en application de l'article 145-7, alinéa 1, du réglement par la commission des affaires économiques sur la mise en application de la loi n°2008-776 du 4 août 2008 de modernisation de l'économie, 85 pp.

Ollivier L., Legault C., Molenat M., Sellier P., 1978. Les recherches en génétique porcine et leurs applications : un bilan de la période 1968 – 1977. Journées de la recherche porcine en France, 10, p 27-42.

Osty, P.L., 1978. L'exploitation vue comme un système. Diffusion de l'innovation et contribution au développement. BTI, 326, p 43-49.

Paboeuf F., Nys Y., Corlouër A., 2000. Réduction des rejets en cuivre et zinc chez le porc charcutier par la diminution de la supplémentation minérale. Journées de la recherche porcine en France, 32, p 59-66.

Paboeuf F., Cazaux J.G., Castaing J., Corlouër A., 1999. Effet, chez le porc charcutier, d'une alimentation plafonnée ou rationnée comparativement à une distribution à volonté. Journées de la recherche porcine en France, 31, p 239-247.

Paboeuf F., Ramonet Y., Corlouër A., Dourmad J.Y., Cariolet R., Meunier-Salaün M.C., 2000. Impact de l'incorporation de fibres sur les performances zootechniques et le comportement des truies. Journées de la recherche porcine en France, 32, p 105-113.

Perdrix M.F., Stoll P., 1995. Die schweine in der endmast intensiv füttern. Agrarforschung 2, 8, p 305-308.

Petersen S.O., Sommer S.G., Beline F., Burton C., Dach J., Dourmad J.Y., Leip A., Misselbrook T., Nicholson F., Poulsen H.D., Provolo G., Sorensen P., Vinnerås B., Weiske A., Bernal M.P., Böhm R., Juhász C., Mihelic R., 2007. Recycling of livestock manure in a whole-farm perspective. Livestock science, 112, p 180-191.

Petit J., van der Werf H., 2003. Perception of the environmental impacts of current and alternative modes of pig production by stakeholder groups. Journal environmental management, 68, p 377-386.

Petit M., 1981. Théorie de la décision et comportement adaptatif des agriculteurs. Actes de la journée d'étude du 21 janvier 1981 sur la formation des agriculteurs et l'apprentissage de la décision. ENSSAA-INRAP-INRA-INPSA, 166 pp.

Pfirter H.P., 1989. Intercoop feeddtuffs congress, Vejle, DK.

Picard D., 2011. Le Cochon de Bretagne, signe de garanties. Témoignage de Daniel Picard, Président du Cochon de Bretagne. http:/www.lecochondebretagne.com/président.htm.

Pondaven J., 2000. Evaluation des besoins en recherche des modes de production porcines alternatives. Rapport d'audit. Réseau Cohérence, 43 pp.

Pouliot F., Plourde N., Richard Y., Fillion R., Klopfenstein C., 2006. État actuel des systèmes d'élevage sur litière et leur perspective de développement. Centre de développement du porc au Québec, 89 pp.

Pressat R., 1957. La population agricole en France : structure et prévision jusqu'en 1966. Population, 12^{e} année, 1, p 17-35.

Pujol J.L., Dron D., 1999. Agriculture, monde rural et environnement : qualité oblige. La documentation française, collection des rapports officiels, 580 pp.

Queillé H, 1998. Ferme de Crécom (22) : Pourquoi pas un centre d'expérimentation de l'agriculture durable ? Le Télégramme, 13 juin.

Quiniou N., Dourmad J.Y., Noblet J., 1996. Influence de l'apport d'énergie et du poids vif sur le besoin en lysine des porcs en croissance. Journées de la recherche porcine en France, 28, p 429-438.

Quiniou N., Mourot J., Etienne M., Richard S., 2006. Quel est l'impact d'un apport d'énergie sous forme de lipides pendant la gestation et/ou la lactation sur les performances des truies allaitantes et celles des porcelets jusqu'à l'abattage. Journées de la recherche porcine en France, 38, p 117-184.

Quiniou N., Etienne M., Mourot J., Noblet J., 2010. Apport supplémentaire d'aliment ou de lipides pendant les 10 derniers jours de gestation et conséquences sur les performances de mise bas et de lactation. Journées de la recherche porcine en France, 40, p 151-158.

Rainelli P., 2001. L'image de la viande de porc en France, attitude des consommateurs. Le courrier de l'environnement de l'INRA, 42, p 47-60.

Ramonet Y., Bolduc J., Robert S., Bergeron R., Meunier-Salaün M.C., 1998. Feeding motivation and stereotypies in pregnant sows fed increasing levels of fibre andror food. Proceedings of the 32nd congress of the ISAE, Clermont-Ferrand, p 181.

Ramonet Y., 1999. Réponses comportementales, digestives, hormonales et métaboliques à la restriction énergétique chez la truie gestante : effets d'une incorporation de fibres alimentaires dans la ration. Thèse, 154 pp.

Ramonet Y., Dappelo C., Boulestreau A.L., 2003. Pratiques de gestion des litières dans les élevages de porcs. Editions Chambres d'agriculture de Bretagne et des Pays de la Loire, 30 pp.

Ramonet Y., Robin P., 2002. L'engraissement de porcs sur litière de particules de bois ou de sciure en couche fine. Journées de la recherche porcine en France, 34, p 143-148.

Raoul P., 1999. Conférence sur la suppression des facteurs de croissance. AFTAA, 10 février.

Reau R., Meynard J.M., Robert D., Gitton, C., 1996. Des essais factoriels aux essais conduite de culture. Comité Potentialités–ACTA-Ministère de l'agriculture, de la pêche et de l'alimentation (DERF), p 52-62.

Rieu M., Salaün Y., 2006. Production porcine française, quel modèle de développement durable. Economie et stratégie agricole, Club Demeter, p 119-234.

Rieu M., 2010. L'écart de compétitivité interroge des députés. Paysan Breton, semaine du 21 au 27 mai, p 4.

Robert S., Matte J.J., Girard C., Farmer C., Matinreau G.P., 1992. Influence de régimes à hautes teneurs en fibres sur le développement des comportements stéréotypés chez la truie gravide. Journées de la recherche porcine en France, 24, p 201-206.

Robert M., 1996. Le sol : interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Editions Masson, 244 pp.

Roussel F., 2010. La loi de modernisation agricole a été définitivement adoptée. Actu-Environnement, www-actu-environnement.com.

Roguet C., Rieu M., Gourmelen C., MAROUBY H., 2007. Croissance de la production et restructuration de la filière porcine en Allemagne : enjeux et perspectives ? Journées de la recherche porcine en France, 39, p 173-180.

Roguet C., Duflot B., Graveleau C., Rieu M., 2010. La mutation de la production porcine au Danemark : modèles d'élevage, performances techniques, réglementations environnementales et perspectives. Journées de la recherche porcine en France, 42, p 59-64.

Ruiz L., Delaby L., 2010. Algues vertes : plus d'herbe, moins de fuites d'azote. www.letelegramme.com/tag/saint-michel-en-gr%C3%A8ves.

Saget F., Guivarch C., 2001. Engraissement des porcs sur paille: résultats de 46 enquêtes en Pays de la Loire. Editions Chambres d'agriculture des Pays de la Loire, 20 pp.

Salaün Y., 1992. Analyse du temps de travail dans les élevages suivis par le tableau de bord ITP en 1991. TechniPorc, Vol. 15, 2, p 15-23.

Salaün Y., Fraysse JL., 1999. La main-d'oeuvre des élevages porcins : des différences d'efficacité sensibles. AGRESTE, les Cahiers, 40, p 35-45.

Sauvant D., Perez J.M., Tran G., 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. Editions INRA, 301 pp.

SCEES, 1973. La production porcine en Bretagne. 28.

SCEES, 1974. Le cheptel porcin breton en décembre 1973. 37.

Schaeffer E., 2010. Innovations et technologie en agriculture : les instituts techniques agricoles, moteur de la recherche appliquée pour répondre aux attentes des agriculteurs, des filières et de la Société. Actes de colloque, Paris, 9 novembre.

Schouten W.G.P., 1986. Rearings conditions and behaviour in pigs. The Netherlands : Wageningen agricultural University, thesis.

Sebillotte M., 1974. Agronomie et agriculture. Essai d'analyse des tâches de l'agronome. Cahiers ORSTOM, série bio., 24 (1), p 3-25.

Sebillotte, M., 1978. Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. C.R. Académie d'agriculture française, 11, p 906-913.

Serin J.F., Massabie P., 2004. Relation entre maîtrise de l'ambiance et performances en post-sevrage et en engraissement. Résultats d'une enquête de terrain. TechniPorc, vol. 27, 5, p 33-37.

Serre J.M., 2010. L'écart de compétitivité interroge des députés. Paysan Breton, semaine du 21 au 27 mai, p 4.

Servolin C., 1989. L'agriculture moderne. Editions Le Seuil, coll. Points, 320 pp.

Spoolder H.A.M., Burbidge J.A., Edwards S.A., Lawrence A.B., Simmins P.H., 1997. Effects of food level on performance and behaviour of sows in a dynamic group-housing system with electronic feeding. Animal science, 65, p 473-482.

Stalder K., Johsnon A.K., Karriker L., McKean J., 2007. Gestation sowhousing and its implications on health. Sow housing forum Des Moines, Iowa, june 6, 13 p.

Teffène O., 1987. Évolution des besoins et des services dans le secteur des productions porcines : quel avenir pour les services aux agriculteurs ? Économie rurale, 177, p 24-28.

Teffène O., Rieu M., Dagorn J., Mainsant P., Marouby H., Porin F., 1998. Trente ans d'évolution du secteur porcin en France. Journées de la recherche porcine en France, 30, p 133-152.

Teissier J.H., 1979. Relations entre techniques et pratiques, conséquences pour la formation et la recherche. Bulletin INRAP, 38, 20 pp.

Texier C., Vaudelet J.C., Rousseau P., 1997. Les porcheries sur litière accumulée : température, composition et volume des litières observés dans dix élevages. Journées de la recherche porcine en France, 29, p 305-310.

Texier C., 2001. Les litières biomaîtrisées en porcherie. TechniPorc, vol. 24, 4, p 29-34.

Texier C., Levasseur P., 2003. Les rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs engraissés sur caillebotis ou litière de bois. TechniPorc, vol. 26, 5, p 9-17.

Texier C., Baron P., Charnet F., 2004. Production et composition des fumiers de porcs engraissés sur sciure, copeaux ou écorce. TechniPorc, vol. 27, 4, p 29-37.

Trégaro Y., Lossouarn J., 2002. L'évolution du secteur porcin européen : enjeux techniques, politiques, de marché et de Société. Notes et études économiques, 17, décembre, p 9-47.

Trégaro Y., Djaout F., 2009. Les filières porcines européennes face à la mondialisation des échanges. Journées de la recherche porcine en France, 41, p 305-310.

Trégaro, Y., 2009. La filière porcine française dans le contexte économique européen et mondial. 2009. Quels élevages de porcs en 2020 ? Faire face aujourd'hui aux enjeux de demain. Atout porc Bretagne, hors série, novembre, p 5-9.

Trégaro Y., Djaout F., 2010. L'évolution du commerce intracommunautaire de viande de porc au cours des dix dernières années. Journées de la recherche porcine en France, 42, p 65-70.

Tribunal administratif de Rennes, 2001. Conclusions d'audiences semi-plénière du 18 avril, Affaire n°97182.

Tuyttens A.M., 2005. The importance of straw for pig and cattle welfare : a review. Applied animal behaviour science, 92, p 261-282.

Uniporc ouest, 2010. Données d'abattage. Communication personnelle.

Uniporc ouest, 2008. Résultats de l'activité 2008. http://www.uniporc-ouest.com/.

Urbano G., Vollet D., 2005. L'évaluation du contrat territorial d'exploitation (CTE). Notes et études économiques, 22, p 69-110.

Vanderhaegen J., Rieu M., 1982. Le porc en Bretagne. TechniPorc, Vol. 5, 3, p 4-5.

van der Wal P.G., Mateman G., de Vries A.W., Vonder G.M., Smulders F.J.M., Geesink G.H., Engel B., 1993. *Scharrel* (free range) pigs : carcass composition, meat quality and taste-panel studies. Meat science, 34, p 27-37.

van Meer, 2010. L'Allemagne, centre de l'Europe porcine. Réussir porcs, juin, 172, p 8.

van Putten G., van der Burgwal J.A., 1990. Vulva biting in group-housed sows : Preliminary report. Applied animal behaviour science, 26, p 181-186.

Vereijken P., 1997. A methodical way of prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms. European journal of agronomy, 7, p 235-250.

Vermeer H.M., Backus G.B.C., Blokhuis J.J., Metz J.H.M., van Putten G., Shouten W.G.P., Smeets J.J.J., Verheijden J.H.M., 1996. Welfare assessment in four housing systems for dry saws. Editions Duncan, Widowski and Haley, 30th international congress ISAE, Canadi, 148 pp..

Vestergaard E.M., Danielsen V., 1998. Dietary fiber for sows : effect of large amounts of soluble and insoluble fiber in the pregnancy period on the performance of sows during three reproductive cycles. Animal science, 68, p 355-362.

Vieuille-Thomas C., Le Pape G., Signoret J.P., 1995. Les activités stéréotypées des truies gestantes dans trois systèmes d'élevage : conséquences en matière de recherche sur les indices de bien-être. Journées de la recherche porcine en France, 27, p 5-10.

Williams A., Logan M., 1999. Best management practices in the cotton industry. Adding value through environmental marketing, Madison, 6-7 décembre, Lundeen S. et Vickery J. P 129-138.

Wolter B.F., Ellis M., Curtis S.E., Parr E.N., Webel D.M., 2000. Group size and floor-allowance can affect weanling-pig performance. Journal of animal science, 78, p 2062-2067.

Zahrnt V., 2009. Les aspects budgétaires des nouveaux paiements de la PAC. Novembre, http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies/download.do?language=fr&file=29189

Zert P., 1975. 30 ans de production porcine. Bulletin ITP, 3, p 17-28.

Publications et communications issues de ce travail de thèse

Paboeuf F., Gautier M., Meunier-Salaün M.C., Cariolet R., Dourmad J.Y., 2010. Elevage de porcs sur litière et sur caillebotis : influences du mode de logement et d'alimentation sur les besoins en eau. Journées de la recherche porcine en France, 42, p 37-38.

Paboeuf F., Gautier M., Cariolet R., Meunier-Salaün M.C., Dourmad J.Y., 2010. Effets des modes de logement et d'alimentation des truies en gestation sur leurs performances zootechniques et leurs comportements. Journées de la recherche porcine en France, 42, p 1-8.

Paboeuf F., Gautier M., Cariolet R., Meunier-Salaün R.C., Dourmad J.Y., 2010. Influence des modes de logement et d'alimentation des truies en gestation sur la gestion de la litière et la valeur fertilisante du fumier. Journées de la recherche porcine en France, 42, p 297-298.

Paboeuf F., Gautier M., 2010. Temps de travail : un effet marqué des modes de logement et d'alimentation. Atout Porc Bretagne, 58, p 31-32.

Paboeuf F., Gautier M., 2010. *Crécom* et *Guernévez* : pour une recherche rapide, efficace et novatrice. Hors série, Atout Porc Bretagne, p 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17.

Paboeuf F., Gautier M., 2010. Caillebotis et litière : mode d'élevage et rejets des porcs en croissance. Atout Porc Bretagne, 59, p 32-33.

Paboeuf F., Gautier M., 2010. Comportement des truies en gestation : un effet modulateur de la paille des litières. Atout Porc Bretagne, 58, p 8-9.

Paboeuf F., Gautier M., 2010. Consommations électriques : des systèmes d'élevage énergivores. Atout Porc Bretagne, 57, p 22-24.

Paboeuf F., Gautier M., 2010. Rejets des porcs en croissance : l'impact environnemental des systèmes d'élevage contrastés. Terra, janvier, 205, p 34-35.

Paboeuf F., Gautier M., Cariolet R., Ramonet Y., Dourmad J.Y., 2009. Effet de la surface, de la nature du sol et du mode d'alimentation sur les performances zootechniques et la production d'effluents des porcs en croissance. Journées de la recherche porcine en France, 41, p 209-216.

Paboeuf F., Gautier M., Meunier-Salaün M.C., Dourmad J.Y., 2009. Elevage de porcs sur litière de paille : influence de la conduite alimentaire et du comportement des animaux sur la gestion de la litière. Journées de la recherche porcine en France, 41, p 277-278.

Paboeuf F., Gautier M., 2009. Réduire les rejets : maîtriser les indices de consommation. Atout Porc Bretagne, 55, p 28-29.

Paboeuf F., Gautier M., 2009. Station régionale porcine de *Crécom* : des systèmes d'élevage peu économe en eau. Atout Porc Bretagne, 53, p 29-30.

Paboeuf F., Gautier M., 2009. Manutention des litières : analyse des consommations de gasoil. Atout Porc Bretagne, 52, p 17-19.

Paboeuf F., Gautier M., 2009. Performances de croissance et de carcasse : la litière peu favorable aux castrats. Atout Porc Bretagne, 51, p 28-29.

Paboeuf F., Gautier M., 2009. Manutention des litières et des fumiers : analyse des consommations de gasoil. Terra, août, 182, p 28-29.

Paboeuf F., Gautier M., 2008. Réduire les rejets en maîtrisant les entrées. Atout Porc Bretagne, 48, p 6-8.

Paboeuf F., Gautier M., 2008. Maîtriser l'ingéré pour des sols secs. Atout Porc Bretagne, 45, p 12-13.

Paboeuf F., Gautier M., 2007. Du sevrage à la vente :conduite des deux systèmes à *Crécom*. Atout Porc Bretagne, 40, p 36-37.

Paboeuf F., Gautier M., 2007. Station régionale de *Crécom* : se projeter dans l'avenir. Terra, février, 50, p 34-35.

Paboeuf F., 2005. Nouvelle station régionale porcine de *Crécom* : Arrivée d'animaux, j -70. Atout porc Bretagne, 31, p 11-12.

Systemic comparison of two pig production systems differentiated by animal housing conditions, either on slatted floor or on litter bedding : Contribution to a more sustainable development.

In the context of sustainable development pig breeders, facing new questions and new issues, ask more diversified and complex questions and need new references on their production systems. To answer to their demand the *Chambre d'Agriculture* of Brittany has set up a systemic experimental approach. The pig production systems compared in this experiment were built using a participative approach.

The definition and prioritization of the objectives was the first step in designing the systems. The social demand was the most important in the choice of the two systems which differ for animal housing, on slatted floor or on litter bedding, and for manure management, as slurry or as solid manure, with expected effects on animal welfare and environment. Management and decision rules were then defined for each system and sub-system. In each system gestating sows were housed either in small groups (4-8 sows) with an individual feeding stall, of in a large group (24 sows) with and automated feeding stall. On slated floor, 11 pigs were housed per post-weaning or fattening pen, with an area per pig corresponding to either the EU regulation or 1/3 more. On litter bedding, 42 pigs were housed per post-weaning or fattening pen with either straw or sawdust as bedding material. Post-weaning piglets were fed dry feed ad libitum in a feeder. Fattening pigs were fed either *ad libitum* with dry feed or restrictedly with two meals of mash feed per day. Performance and sustainability of the different raising systems were evaluated from the data collected from January 2006 -the creation of the herd- until May 2008. Average animal performances were high and similar for the two systems and the different housing and feeding strategies: 10.9 piglets weaned/litter, 159 days of age at slaughter, 2.50 kg/kg feed conversion ratio during fattening, 2.1% mortality from weaning to slaughter. These good performances are mainly related to the good heath status of animals and the good housing conditions. However, a more detailed analysis of the results indicated interactions between system and sub-systems. On slatted floor, sows raised in small groups during gestation performed better whereas with litter bedding the best performances were obtained for the sows housed in large groups and fed in an automated feeding stall. In the same way, the feeding strategy of wearers and fattening pigs was shown to affect litter and manure management. Production cost differed between systems with sometime higher costs for the slatted floor system (energy) and sometime higher costs for the litter system (labour, manure management). Finally, the production cost was higher for the litter bedding system (+0.12€ per kg carcass) and also more variable. Concerning animal behaviour and welfare, the difference was also marked between systems with an improved situation for animals housed on straw bedding.

This study allowed to better identify the strategic and practical rules for the different raising systems in comparison. These results can now be used to improve or redesign these systems in a loop of progress including a new evaluation.

Keywords : system, pig, sow, housing, environment, welfare, health

***Approche expérimentale de deux systèmes de production porcine différenciés par le mode de logement : Contribution à la recherche d'un développement durable*.**

Les éleveurs de porcs, confrontés à de nouvelles problématiques en relation avec le développement durable, formulent des demandes de recherche de références de plus en plus complexes et diversifiées. Pour y répondre, les Chambres d'agriculture de Bretagne ont mis en place une *expérimentation système*. Cette thèse questionne l'intérêt de la démarche et des premiers résultats obtenus. La configuration des systèmes d'élevage mis en comparaison a été définie dans le cadre d'une approche participative et les systèmes on été comparés en s'appuyant sur une méthodologie d'approche expérimentale systémique.

La définition et la hiérarchisation des objectifs ont constitué l'étape préalable. C'est principalement la demande sociale qui a conduit au choix de deux systèmes différenciés par le mode de logement des animaux, sur litière ou sur caillebotis, et le mode de gestion des effluents, sous la forme de lisier ou de fumier, avec des effets attendus sur le bien-être animal et l'environnement. Au sein de chaque système plusieurs itinéraires techniques ont été mis en comparaison, correspondant à différentes options techniques possibles. Des règles de conduite ont ensuite été définies pour chacun de ces itinéraires techniques. Intra-système, les truies en gestation sont logées en groupes soit dans des petites cases (4 à 8 truies) équipées de réfectoires et d'une aire d'exercice, soit dans une grande case (24 truies) équipée d'un automate de distribution d'aliment. Chaque loge de post-sevrage et d'engraissement des salles sur caillebotis accueillent 11 animaux selon deux modalités de surface (normes actuelles ou surface accrue de 1/3). Sur litière, les animaux sont élevés en post-sevrage et en engraissement dans des loges de 42 porcs, sur paille ou sur sciure. En post-sevrage, les porcelets sont alimentés à volonté au nourrisseur. En engraissement, ils sont alimentés soit à volonté au nourrisseur, soit rationné en soupe. Les performances et la durabilité des différents itinéraires techniques sont évaluées à partir des données collectées entre janvier 2006 - peuplement du dispositif - et mai 2008. Les performances zootechniques moyennes sont élevées et diffèrent peu entre les deux systèmes d'élevage. Elles sont également voisines pour les différents itinéraires techniques : 10,9 porcelets sevrés par portée, 159 jours d'âge à l'abattage, 2,50 points d'indice de consommation en engraissement, 2,1% de perte d'animaux entre le sevrage et la vente. Ces bons résultats s'expliquent en grande partie par la cohérence sanitaire appliquée à la conduite et par la qualité des conditions de logement. Toutefois, une analyse plus fine des résultats fait apparaître des interactions originales. Sur caillebotis ce sont les truies élevées en petits groupes et nourries en réfectoires qui présentent les meilleures performances, alors que sur litière ce sont celles élevées en grand groupe et alimentées avec un automate. On note également un effet du mode d'alimentation sur la conduite des litières et des fumiers. Les coûts de fonctionnement sont contrastés entre systèmes, tantôt en faveur du système litière (consommations d'énergie) ou du système caillebotis (temps de travail, charge en litière). Mais au final, le coût de production est supérieur et plus variable pour les itinéraires sur litière (+0,12€ par kg de carcasse en moyenne). S'agissant du comportement et du bien-être des animaux, les différences entre les modes de logement et d'alimentation sont très marquées, au profit de ceux élevés sur litière.

Ce travail a permis d'identifier les conditions stratégiques et pratiques de mise en œuvre de différents itinéraires techniques, tout en évaluant leur durabilité. Le cadre méthodologique et les résultats obtenus peuvent maintenant être remobilisés pour faire évoluer ces systèmes dans une boucle de progrès.

Mots clefs : système, porc, truie, logement, environnement, bien-être, santé